

Mottaker: Miljødirektoratet v/Gunn Lise Haugestøl
Utarbeidet av NIVA v/: Anette Engesmo, Øyvind Kaste, Marianne Stave Sekkenes, Maeve McGovern, Rolf D Vogt, Louise Valestrand, Therese Harvey, Helene Frigstad og Kai Sørensen
Kvalitetssikret av: Hans Fredrik Braaten (ferskvannsdell), Paul Berg (marin del)
Kopi: Pål Inge Synsfjell, Gunnar Skotte
Journalnummer: 0239/24
Prosjektnummer: 200313.4
Distribusjon: Åpen

Resultater fra ekstra prøvetaking i Glomma, Drammenselva samt i Indre og Ytre Oslofjord under og etter ekstremværet Hans.

Sammendrag

Ekstremværet Hans som rammet store deler av Østlandet fra 7. til 9. august 2023 skapte alvorlige skadeffommer, særlig i de øvre og midtre delene av Glomma- og Drammensvassdraget. I de nedre delene av elvene var responsen mer dempet, men også her ble det registrert vannføringer som tilsvarte mellom en 5-års og en 50-års flom. I tillegg til Hans var det ytterligere to styrtregnperioder i slutten av august og slutten av september som preget miljøet i Oslofjorden gjennom høsten. Disse hendelsene, sammen med vårflommen, som også var kraftig, sørget for at 2023 ble karakterisert som et «ekstremt vått» år på Østlandet. Ferskvannstilførselen med elvene var hhv. 32 % høyere enn 2021, som anses som et normalår, og hele 72 % høyere enn 2022 som var et unormalt tørt år.

I forbindelse med flommene ble det i tilknytning til Elveovervåkingsprogrammet tatt ekstra vannprøver nederst i Glomma og Drammenselva 11. og 29. august. Flomprøvene viste ingen ekstremt høye konsentrasjoner av partikler, organisk stoff eller næringssalter, men på grunn av de store vannføringene ble den totale stofftransporten likevel betydelig. I Glomma var månedstransporten av fosfor og nitrogen i august 2023 den høyeste som er registrert siden «Vesleofsen» i mai/juni 1995. Basert på kontinuerlige målinger av turbiditet ved sensorstasjonen i nedre Glomma samt empirisk sammenheng mellom turbiditet og suspenderte partikler (SPM) i vannprøver er det estimert at partikkeltransporten i Glomma sannsynligvis var i overkant av 12000 tonn/døgn under flomtoppen etter Hans. I løpet av tre uker i august dette året ble det anslagsvis transportert 150 000 tonn partikler ut med Glomma. Det tilsvarer omtrent 40% av den totale transporten i 2023.

Gjennom sensommeren og høsten 2023 ble det på grunn av flommene i etterkant av Hans gjennomført ekstra analyser av overflatevannet i hele Oslofjorden med satellitt, FerryBox-systemet og i forbindelse med prøvetakningen til Havforsuringsprogrammet og overvåkningsprogrammene i både Indre- og Ytre Oslofjorden. Disse analysene viste at fjorden var uvanlig mørk og hadde lav saltholdighet gjennom store deler av høsten. Det var de to styrtregnperiodene i slutten av august og september som hadde størst påvirkning på miljøet i fjorden. Ettersom mengden humus-stoffer ble blandet ut ble det gradvis bedre lysforhold og næringsstoffene som ble tilført med flomvannet la da grunnlag for en kraftig planteplanktonoppblomstring i oktober.

Innledning

De siste 100 årene har været i Norge tendert til å bli våtere og varmere. Året 2023 fulgte denne trenden og Østlandet kunne klassifiseres som «svært vått» eller «ekstremt vått», mye på grunn av ekstremværet «Hans» og de to påfølgende flomhendelsene utover høsten (Gangstø m.fl. 2023). «Hans» var den største flommen på Østlandet siden «Vesleofsen» i 1995 (Faafeng m.fl. 1996) men i motsetning til vårflokker, rammet «Hans» på sensommeren og hadde derfor lite bidrag fra snøsmelting.

Ekstremværet Hans som rammet store deler av Østlandet fra 7. til 9. august 2023 skapte alvorlige skadeflokker, særlig i de øvre og midtre delene av Glomma- og Drammensvassdraget hvor det på flere stasjoner ble registrert vannføringer som oversteg en 50-års flom. I de nedre delene av elvene var responsen mer dempet, men også her ble det registrert vannføringer som tilsvarte mellom en 5-års og en 50-års flom. De store flommene medførte også en stor transport av ferskvann, partikler, organisk stoff og næringsstoffer til kysten og i første rekke til Oslofjorden hvor både Glomma (**Figur 1**) og Drammenselva munner ut.



Figur 1. Flompåvirket vann ved Glommas utløp i Fredrikstad i august 2023. Foto: Louise Valestrand/NIVA

I forbindelse med flommene ble det i tilknytning til Elveovervåkingsprogrammet tatt ekstra vannprøver nederst i Glomma og Drammenselva 11. og 29. august. På marin side ble det tatt ekstra prøver i forbindelse med: Overvåkningsprogrammet i Indre Oslofjord (finansiert av Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord), Eutrofiovervåkningsprogrammet i Ytre Oslofjord (finansiert av Fagrådet for Ytre Oslofjord) og Havforsuringsprogrammet (finansiert av Miljødirektoratet). Analyser av de ekstra prøvene ble finansiert av hhv. Statsforvalteren i Oslo og Viken, Statsforvalteren i Vestfold og Telemark, Miljødirektoratet og Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord.

Dette notatet inneholder en oppsummering av resultatene fra de ekstra prøvene som ble tatt i ferskvann og sjø i forbindelse med Hans og de etterfølgende flommene høsten 2023.

Del A: Resultater fra Glomma og Drammenselva

1. Datagrunnlag

1.1 Vannføringsdata

Vannføringsdata per døgn ble hentet ut fra NVEs database (Sildre.no) for de to elvene Glomma og Drammenselva for perioden 1990 til 2023. For Glomma ble målestasjonen ved Solbergfoss brukt. For Drammenselva valgte man å bruke data fra målestasjonen ved Døvikfoss i stedet for Mjøndalen bru. Grunnen er at Mjøndalen bru kun har vært i drift siden juni 2004, mens Døvikfoss har måledata tilbake til 1990. Informasjon om flomnivåer for hver målestasjon er hentet ut fra NVE, se **Tabell 1** under. Dette ble brukt til å kategorisere flommene basert på vannføringsdata.

Tabell 1. Kategorisering av flomnivåer ved stasjoner i Glomma og Drammenselva. Kilde: NVE

Flomnivå	Vannføring (m ³ /s)	
	Glomma (v/Solbergfoss)	Drammenselva (v/Døvikfoss)
50-årsflom (rødt nivå)	3492	2030
5-årsflom (oransje nivå)	2677	1310
Middelflom (gult nivå)	2235	980

1.2 Vannprøver

Det ble tatt ekstra vannprøver nederst i Glomma og Drammenselva 11. og 29. august. Prøvene ble tatt på hovedstasjonene som benyttes i Elveovervåkingsprogrammet (Kaste m.fl. 2023). For å dokumentere eventuelle horisontale forskjeller i vannkjemi, ble det på begge datoene tatt tre parallelle prøver ved ulike punkter på tvers av elvene. Det viste seg at det var neglisjerbare forskjeller mellom de tre parallelle prøvene.

Alle prøver ble analysert etter samme metodikk og med de samme parameterne som i Elveovervåkingsprogrammet (Kaste m.fl. 2023). Det eneste unntaket var at det ikke ble målt både suspendert tørrstoff (STS) og totalt suspendert materiale (TSM eller SPM). På grunn av for lite vannvolum til begge analysene ble det prioritert å analysere STS, som er mest vanlig å analysere i marine programmer.

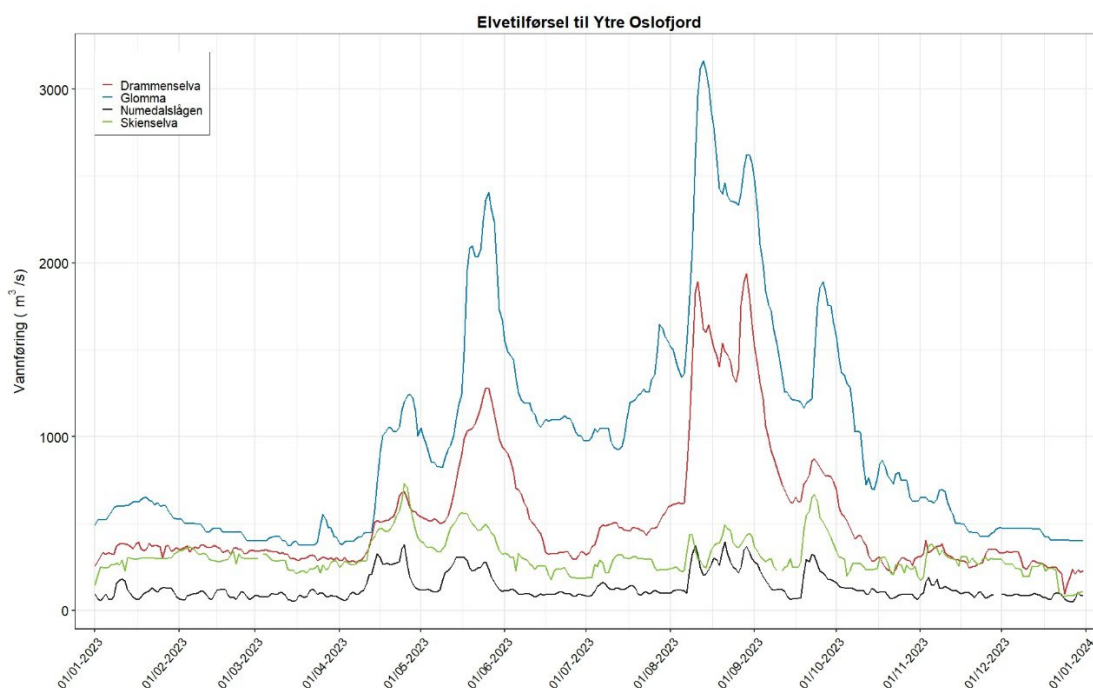
1.3 Sensordata

Som en del av Elveovervåkingsprogrammet er det etablert sensorstasjoner på tre lokaliteter i Glommavassdraget; ved Svanfoss i Vorma, ved Kråkfoss i Leira og ved Baterød i Glomma rett oppstrøms Sarpsfossen. Stasjonene overvåker vanntemperatur, pH, konduktivitet, turbiditet og fluoriserende løst organisk stoff (FDOM). Sensorovervåking med høy tidsoppløsning (hver time) er viktig for å dokumentere effekter av klimahendelser på vannkvaliteten i elvene. I dette notatet er det presentert data for konduktivitet, turbiditet og FDOM-data for de nevnte tre stasjonene i 2023.

2. Resultater og diskusjon

2.1 Vannføring i elvene

Vannføringen i de fire største elvene med utløp i Oslofjorden var generelt høy i 2023. Totalt sett var vannføringen 32 % høyere enn 2021, som anses som et normalår, og hele 72 % høyere enn 2022 som var ett svært tørt år på Østlandet. Det var en betydelig økning i vannføringen i Glomma og Drammenselva i begynnelsen av august som ble forårsaket av ekstremværet «Hans». Det var i tillegg to perioder med kraftig nedbør etter «Hans» som også hadde påvirkning på miljøet i Oslofjorden. Den første var i slutten av august, etter denne roet været seg i en periode, før det igjen kom kraftig nedbør i slutten av september (**Figur 14**). Disse tre hendelsene hadde en betydelig påvirkning på vannmiljøet i Oslofjorden store deler av høsten og vinteren 2023.

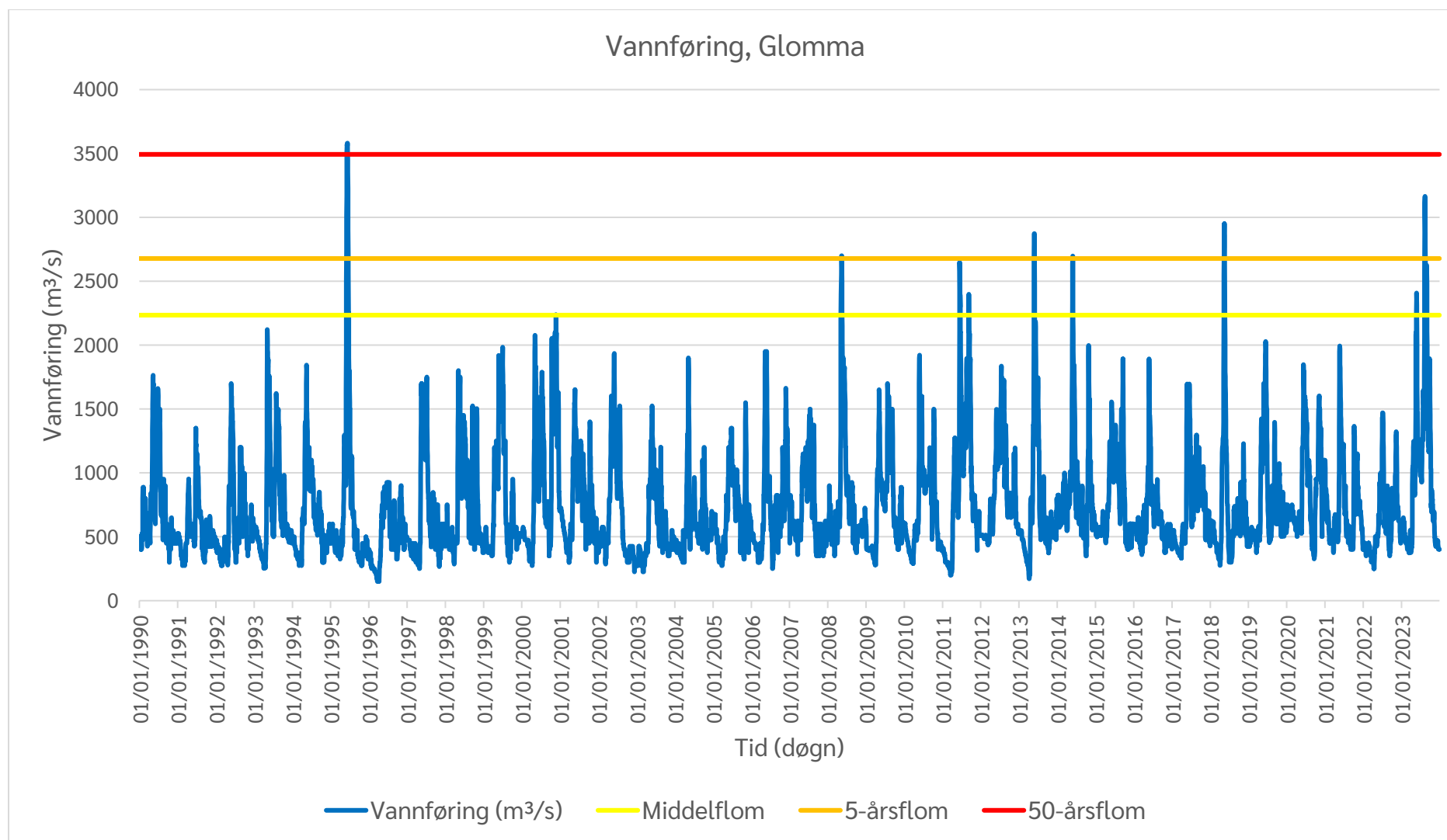


Figur 2. Vannføring i de fire største elvene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva fra 2023. Data hentet fra sildre.nve.no; hhv. fra målestasjonene Solbergfoss (Drammenselva), Mjøndalen bru (Glomma), Holmfoss (Numedalslågen) og Skotfoss (Skienselva).

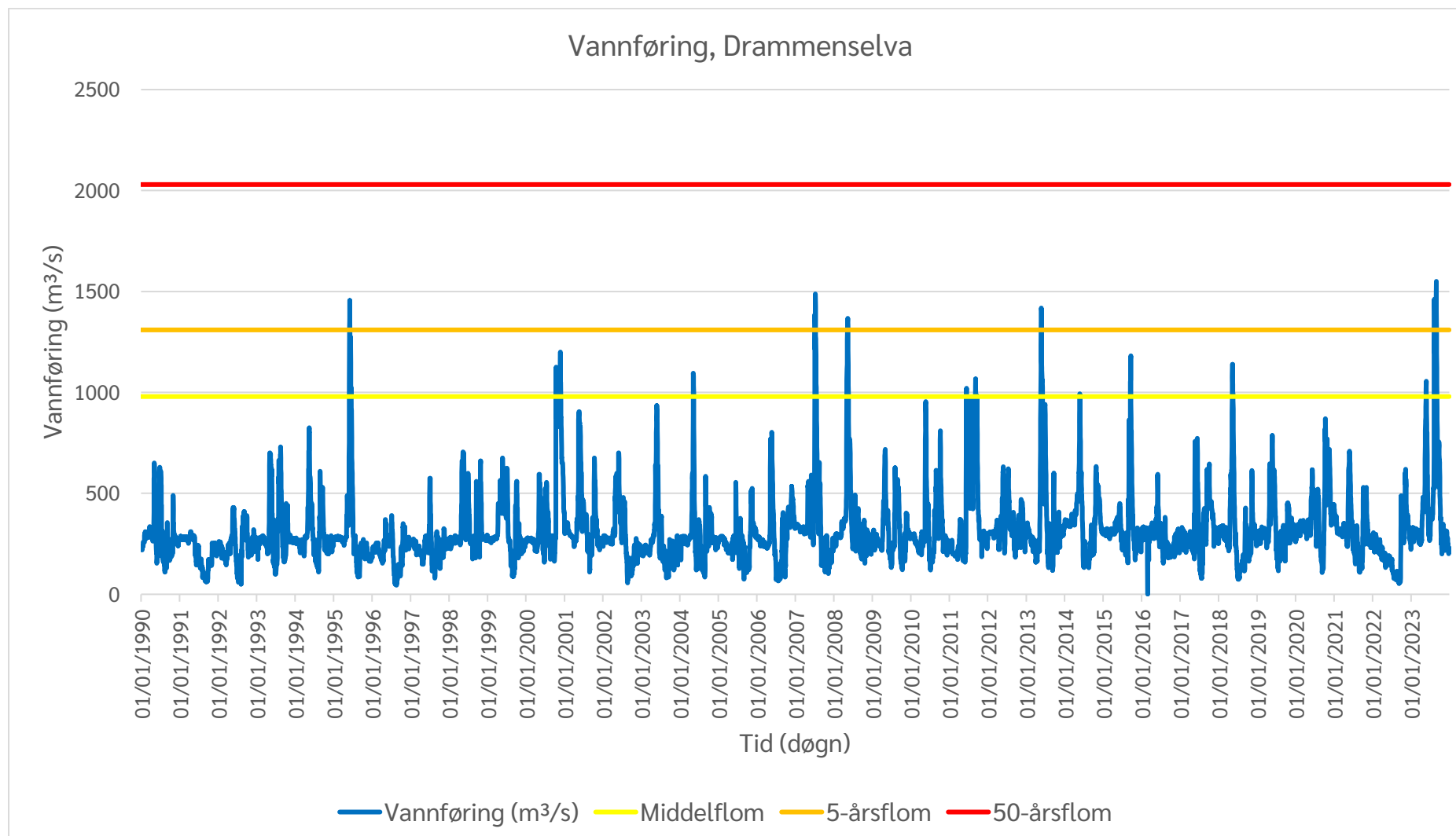
2.2 Sammenligning av flommen under Hans med tidligere flommer siden 1990

Vannføringen for Glomma (v/Solbergfoss) fra 1990 til 2023 er vist i **Figur 2**. Oversikten viser at det har vært seks 5-årsflommer (dvs. vannføring > 2677 m³/s) og en 50-årsflom (dvs. vannføring > 3492 m³/s) i perioden. Alle disse større flomhendelsene har funnet sted på vårparten (mai/juni) med unntak av «Hans» i august 2023. De største flomhendelsene på vårparten er ofte forårsaket av snøsmelting i kombinasjon med regn, til forskjell fra «Hans» som var en ren regnværsflom. Målingene i perioden viser én mindre flomhendelse for Glomma på høstparten som også skyldes en periode med mye nedbør. Det var en middelflom (dvs. vannføring > 2235 m³/s) i september 2011 der den høyeste målingen på ett døgn viser en vannføring på 2398 m³/s. Til sammenligning ble det under «Hans» målt 3163 m³/s som høyeste døgngjennomsnitt. Flommen under «Hans» i 2023 hadde den nest høyeste registrerte vannføringen for Glomma siden 1990. Den høyeste vannføringen i perioden fant sted under 50-årsflommen «Vesleofsen» i mai/juni 1995, hvor det på det høyeste ble målt 3580 m³/s på ett døgn.

Vannføringen for Drammenselva (v/Døvikfoss) fra 1990 til 2023 er vist i **Figur 3**. Den viser at det har vært fem 5-årsflommer (dvs. vannføring $> 1310 \text{ m}^3/\text{s}$) og ingen 50-årsflommer (dvs. vannføring $> 2030 \text{ m}^3/\text{s}$) i denne perioden. Tre av disse flommene fant sted på vårparten (mai/juni), mens én flom ble registrert i juli 2007, i tillegg til Hans i august 2023. 5-årsflommen i juli 2007 var hovedsakelig en regnværsflom. Den høyeste døgnmålingen for denne flommen viste en vannføring på $1488 \text{ m}^3/\text{s}$. Til sammenligning ble det under Hans målt en vannføring på $1461 \text{ m}^3/\text{s}$. Svært kort tid etter at flomtoppen for Hans var nådd i Drammenselva, opplevde man en styrtregnperiode hvor store nedbørsmengder økte vannføringen på ny. De nye vannmengdene kom i tillegg til den allerede høye vannføringen forårsaket av «Hans». På det høyeste ble det målt $1550 \text{ m}^3/\text{s}$ på ett døgn, som er den høyeste målingen av vannføring registrert for Drammenselva i perioden.



Figur 3. Vannføring i Glomma ved Solbergfoss fra 01.01.1990 til 31.12.2023. Horisontale linjer viser flomnivået for middelflom (gult nivå), 5-årsflom (oransje nivå) og 50-årsflom (rødt nivå) for målestasjonen.



Figur 4. Vannføring i Drammenselva ved Døvikfoss fra 01.01.1990 til 31.12.2023. Horisontale linjer viser flomnivået for middelflom (gult nivå), 5-årsflom (oransje nivå) og 50-årsflom (rødt nivå) for målestasjonen.

2.3 Resultater fra vannprøver under flommen

Konsentrasjoner

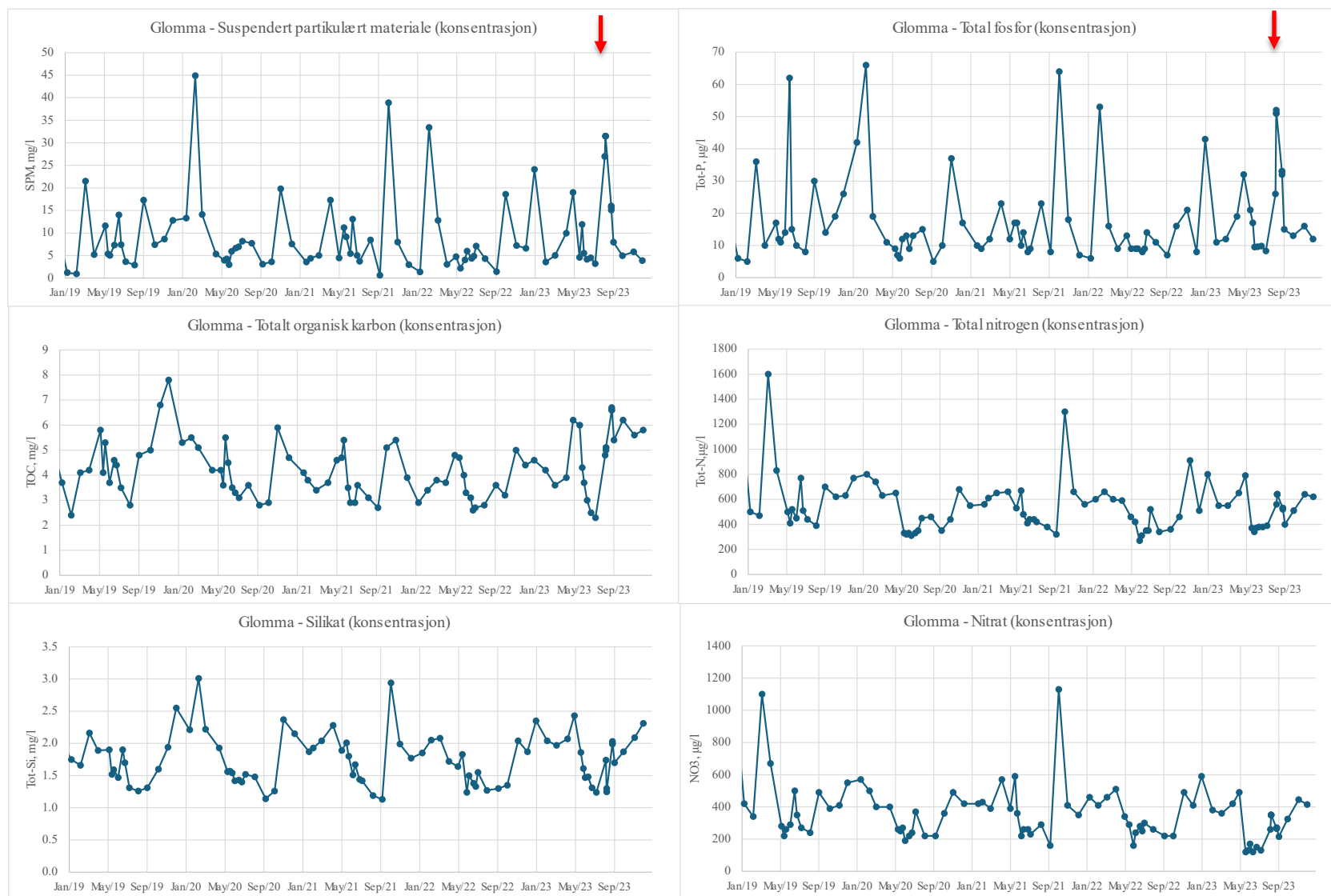
Flomprøvene som ble tatt i Glomma 11 og 29. august viste ingen ekstremt høye konsentrasjoner av partikler, organisk stoff eller næringssalter dersom en sammenligner med 5-års perioden 2019-2023 (**Figur 4**). Konsentrasjonene av total nitrogen og nitrat viste en forholdsvis liten respons under Hans, noe som skyldes at nitrogen, i motsetning til fosfor, i liten grad bindes til partikler.

Prøvene som ble tatt i Drammenselva under Hans viste markerte topper i konsentrasjon av suspenderte partikler, totalt organisk karbon og total fosfor (**Figur 5**). For SPM og TOC var det de høyeste konsentrasjonene som er målt de siste fem årene. Konsentrasjonene av nitrogen og silikat, som begge er viktige stoffer for vekst av marint planteplankton, var moderate til lave sammenlignet med andre målinger den siste 5-års perioden. Men på grunn av den høye vannføringen under og etter Hans var transporten fra elv til sjø likevel betydelig (se neste avsnitt).

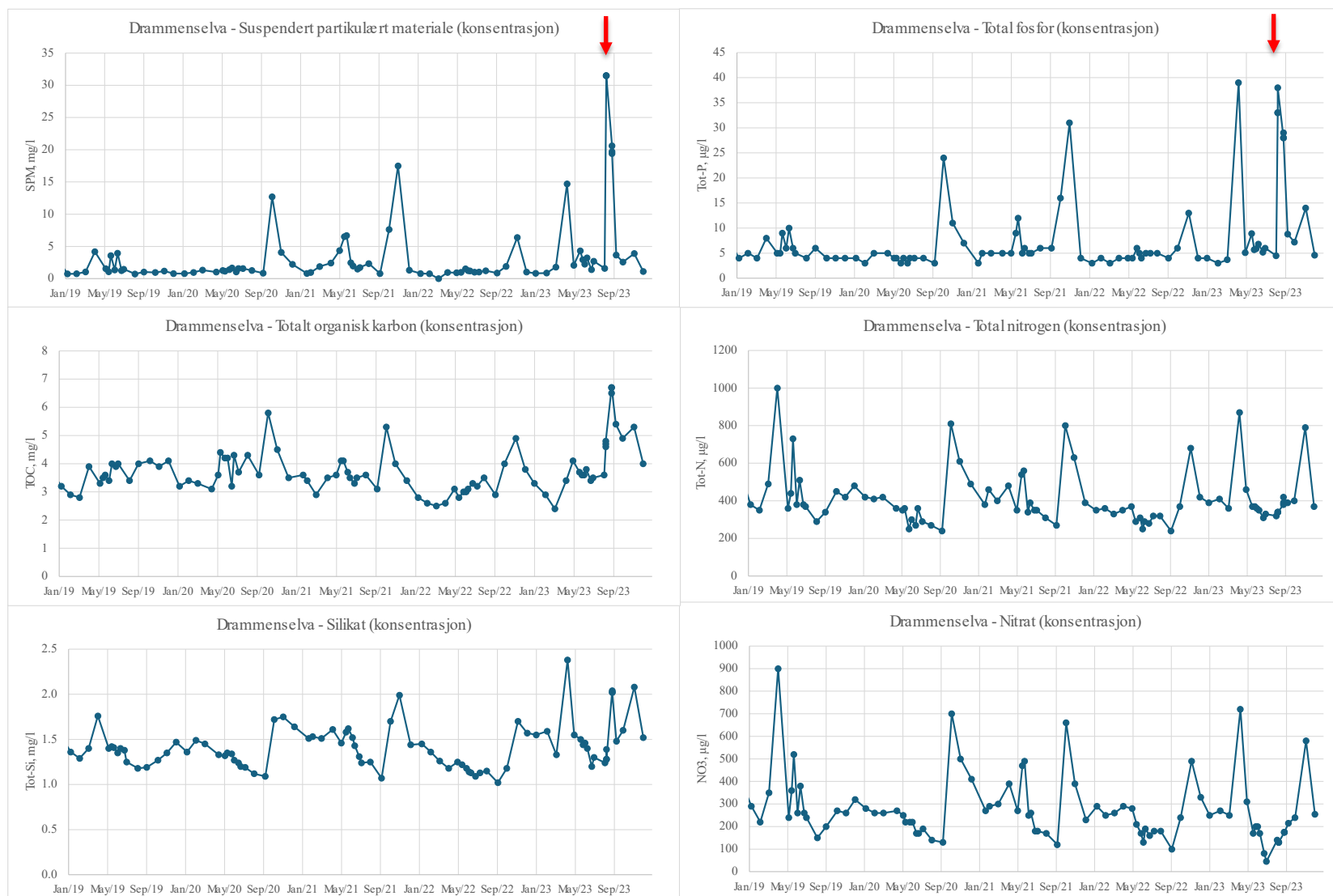
Transport

I Glomma var transporten av SPM, totalt organisk karbon (TOC), totalt silikat (Tot-Si), total fosfor (Tot-P) og total nitrogen (Tot-N) i august 2023 den høyeste som er registrert den siste 5-års perioden (**Figur 6**). Dersom en tar med hele overvåkingsperioden fra 1990, hadde august den nest høyeste månedstransporten av Tot-P og Tot-N som er registrert siden «Vesleofsen» i 1995 (**Figur 8**). Også transporten av silikat var inne på «topp 10 listen» over de høyeste månedstransportene siden 1990.

Drammenselva viste mye av det samme bildet, med månedstransporter av SPM, TOC, Tot-Si og Tot-P i august 2023 som var de høyeste som er registrert den siste 5-års perioden (**Figur 7**). Dersom en ser lenger tilbake, var månedstransporten av Tot-Si den nest høyeste som er registrert siden 1999 og månedstransporten av Tot-P den tredje høyeste som er registrert siden 1990 (**Figur 8**). Også transporten av Tot-N i august 2023 var inne på «topp 10 listen» over de høyeste målingene siden 1990.



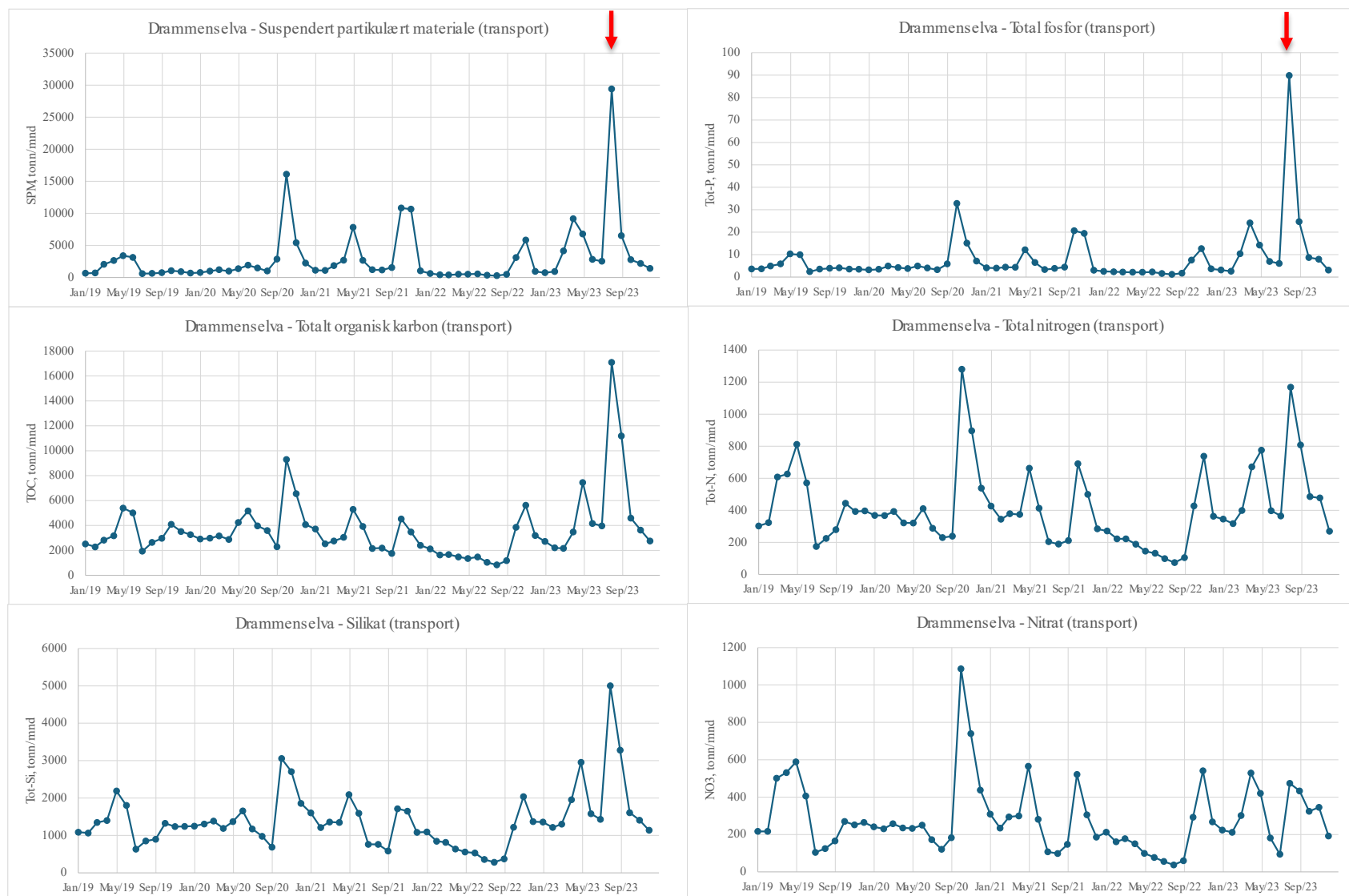
Figur 5. Målte konsentrasjoner av partikler, organisk stoff og næringsstoffer i Glomma v/Sarpsfossen i perioden 2019-2023. Data fra Elveovervåkingsprogrammet. Rød pil viser tidspunktet for flommen etter Hans.



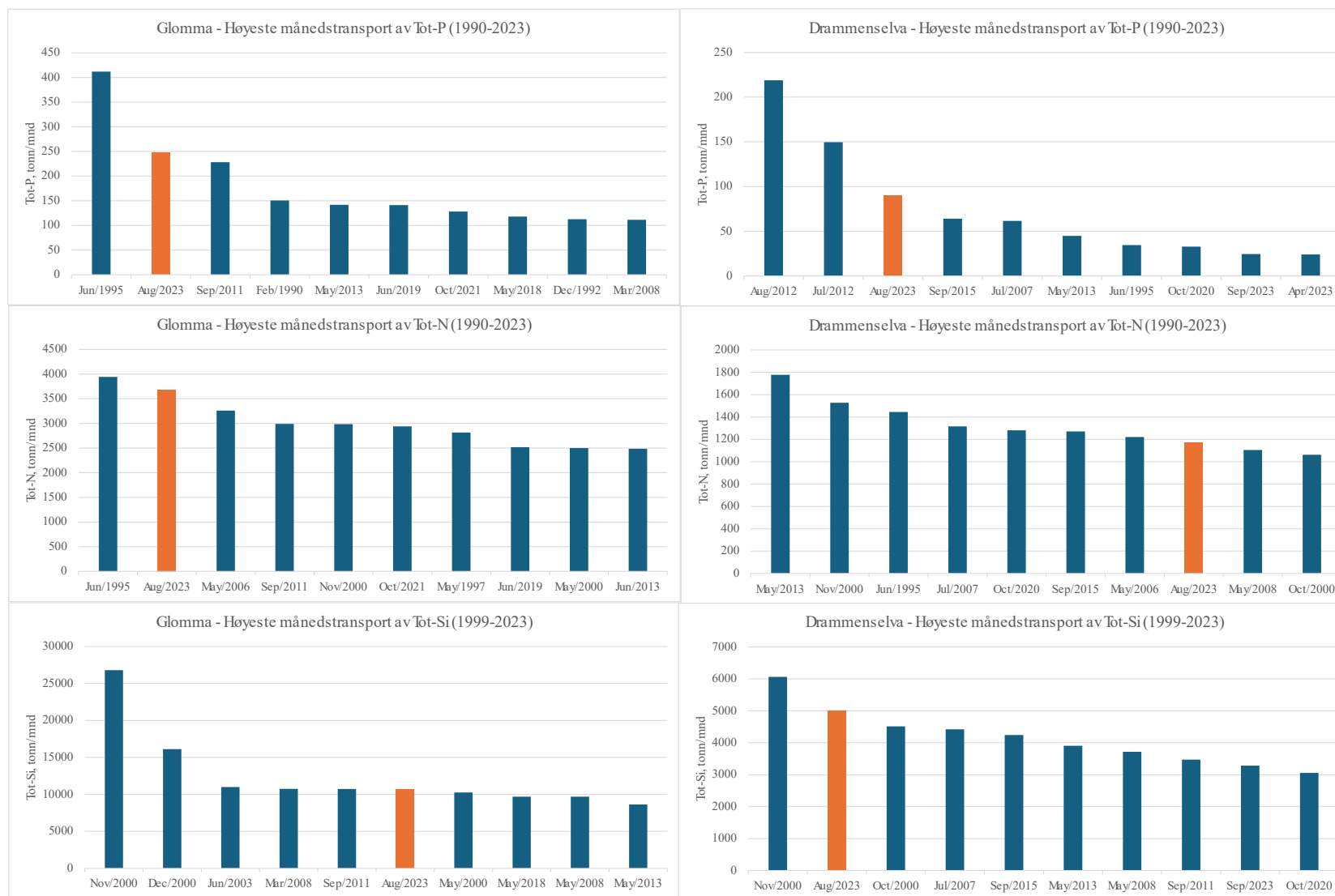
Figur 6. Målte konsentrasjoner av partikler, organisk stoff og næringsstoffer i Drammenselva v/Mjøndalen bru i perioden 2019-2023. Data fra Elveovervåkingsprogrammet. Rød pil viser tidspunktet for flommen etter Hans.



Figur 7. Månedstransport av partikler, organisk stoff og næringsstoffer i Glomma v/Sarpsfossen i perioden 2019-2023. Data fra Elveovervåkingsprogrammet. Rød pil viser tidspunktet for flommen etter Hans.



Figur 8. Månedstransport av partikler, organisk stoff og næringsstoffer i Drammenselva v/Mjøndalen bru i perioden 2019-2023. Data fra Elveovervåkingsprogrammet. Rød pil viser tidspunktet for flommen etter Hans.



Figur 9. Rangering av de ti månedene i perioden 1990-2023 (1999-2023 for Si) med størst transport av partikler, organisk stoff og næringsstoffer i Glomma v/Sarpsfossen (venstre paneler) og Drammenselva v/Mjøndalen bru (høyre paneler). Månedstransporten i august 2023 (under Hans) er markert med oransje farge. Si ble analysert med en annen metode før 1999 som ikke er direkte sammenlignbar med metodikken som er brukt senere.

2.4 Sensordata fra tre stasjoner i Glomma

Vorma ved Svanfoss

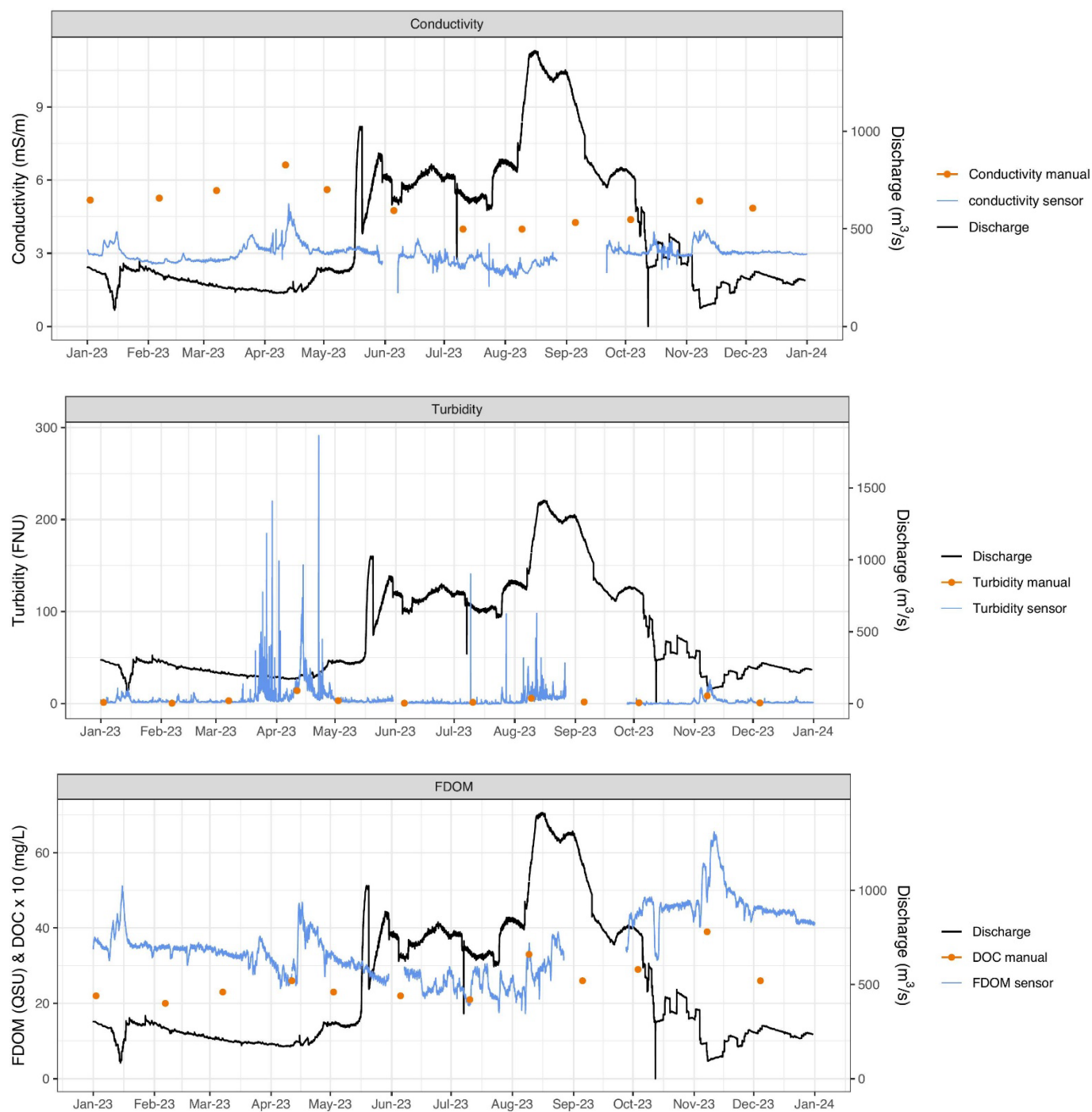
Vorma var preget av høy vannføring fra midten av mai til midten av oktober i 2023, med den mest dominerende flommen registrert i etterkant av Hans (**Figur 9**). Vannkvalitetsparameterne ble overraskende lite påvirket av flommen, trolig på grunn av det store innsjøvolumet og dempende effekten av Mjøsa, som ligger rett oppstrøms sensorstasjonen. Det var en økning i turbiditet og FDOM i august, men nivåene var ikke spesielt høye sammenlignet med andre episoder på våren og senere på høsten dette året.

Leira ved Kråkfoss

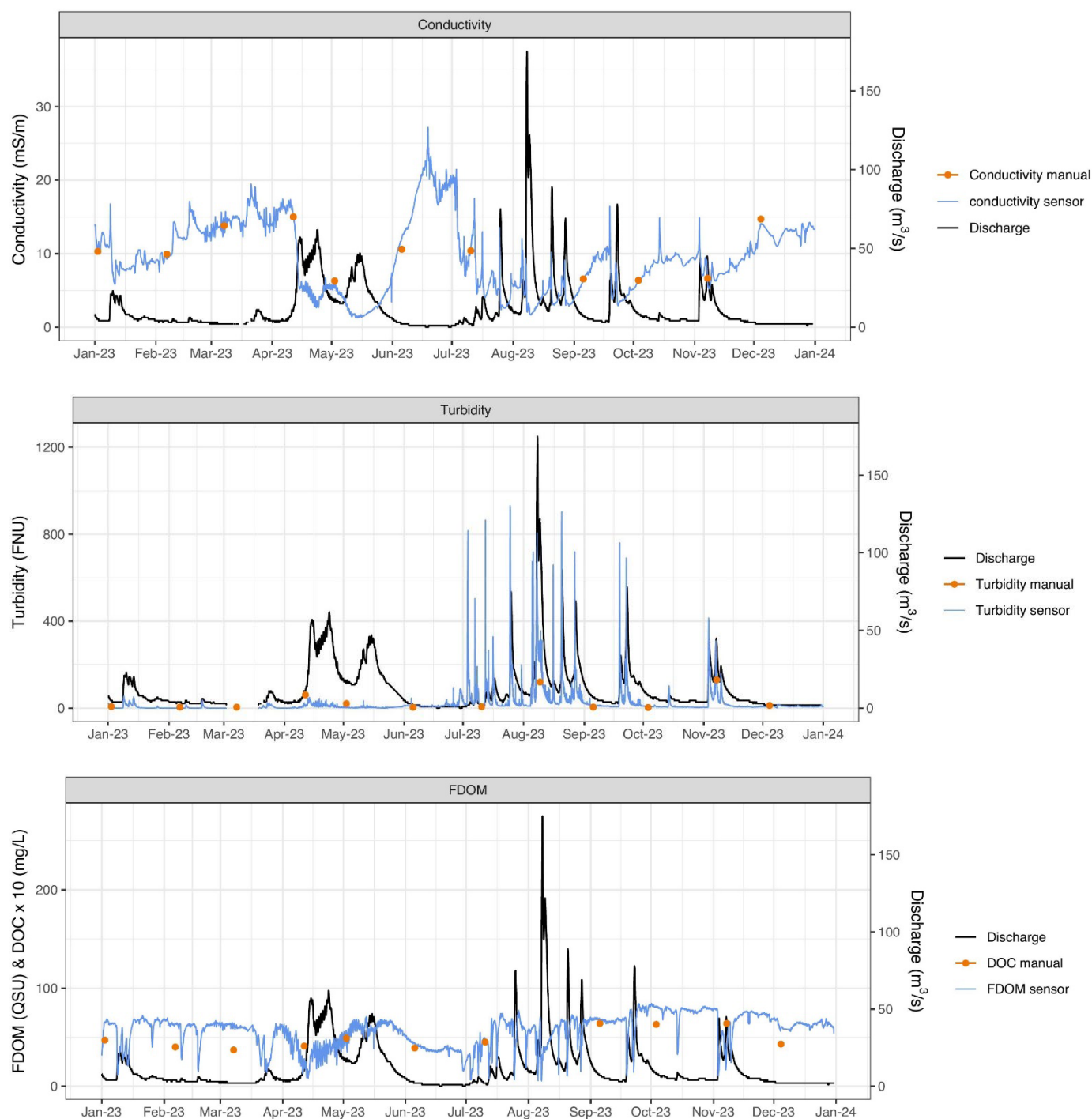
Leira reagerer raskt på nedbørshendelser, og ekstremværet under Hans forårsaket en tydelig flomtopp som var nesten dobbelt så stor som andre flommer dette året (**Figur 10**). Leira er sterkt leirpåvirket og turbiditetsverdiene er ofte høye, spesielt under flomepisoder. I 2023 var turbiditetsverdiene beskjedne om våren, men betydelig høyere under flommer fra juli og utover. Turbiditetsverdiene under Hans var, noe overraskende, ikke mye høyere enn verdier registrert under mindre flommer før og etter ekstremværehendelsen. I motsetning til turbiditet, viste både konduktivitets- og FDOM-verdiene et omvendt forhold til vannføring, noe som tyder på at løste ioner og organisk materiale fortynnes under flommer.

Nedre Glomma ved Baterød

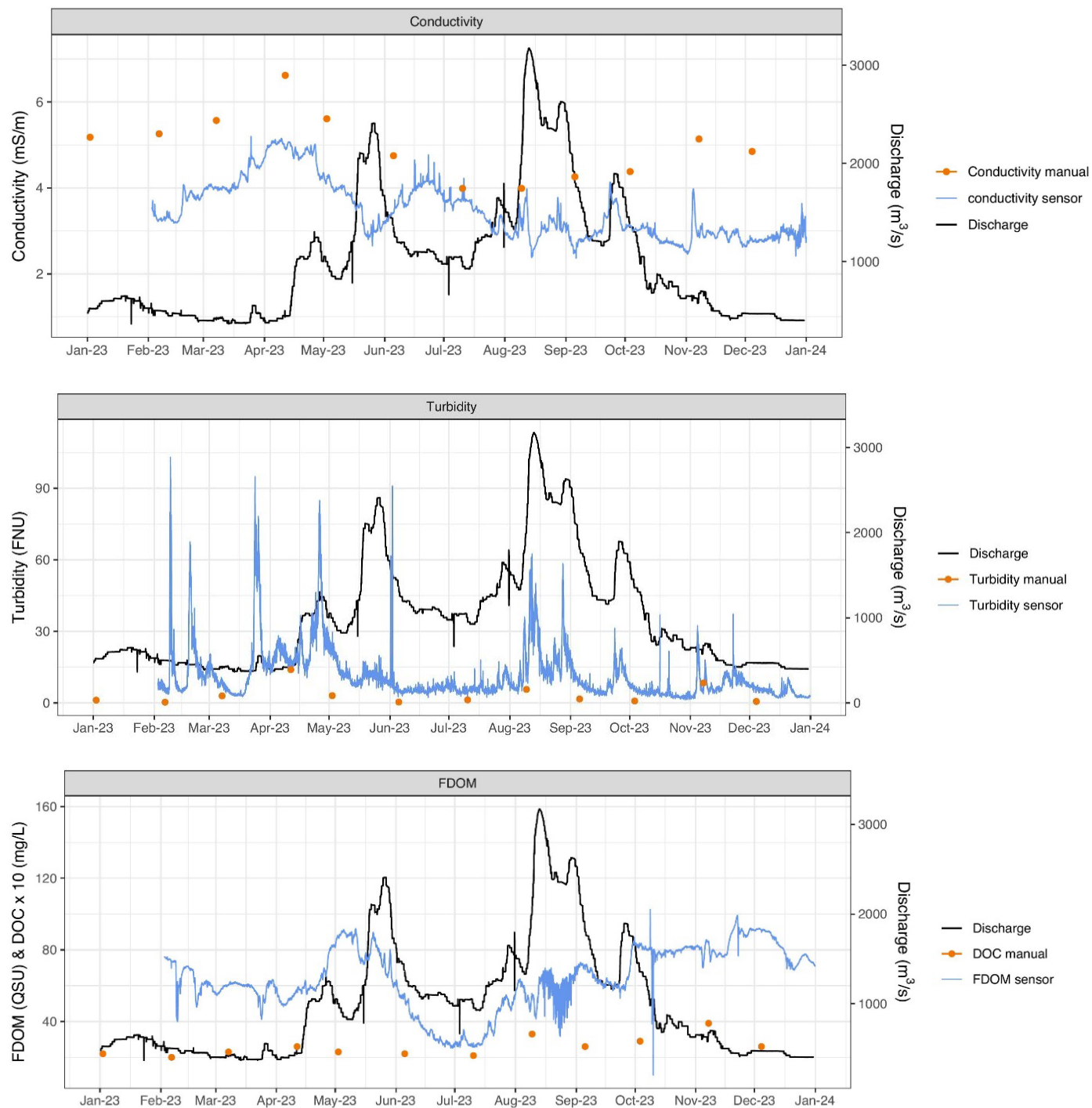
Den mest dominerende flommen i nedre Glomma i 2023 kom etter Hans (**Figur 11**). Hendelsen forårsaket en tydelig topp i turbiditet, men maksnivået var likevel lavere enn andre turbiditetstopper som ble registrert i andre deler av året. Konduktivitet viste i de fleste tilfeller et omvendt forhold til vannføring, mens FDOM stort sett fulgte et sesongmønster med et minimum i vekstsesongen om sommeren. At FDOM-signalet i Nedre Glomma viste en mindre direkte sammenheng med vannføringen enn i Leira, skyldes trolig at Glomma-stasjonen integrerer responsene fra et mye større nedbørfelt.



Figur 10. Sensordata fra Vorma ved Svanfoss i 2023. Konduktivitet (øverst), turbiditet (midten) and fluoriserende løst organisk materiale (FDOM) (nederst) plottet sammen med vannføring fra NVEs stasjon 2.197.0 Ertesekken. Oransje prikker viser lab-målte data.



Figur 11. Sensordata fra Leira ved Kråkfoss i 2023. Konduktivitet (øverst), turbiditet (midten) og fluoriserende løst organisk materiale (FDOM) (nederst) plottet sammen med vannføring fra NVEs stasjon 2.279.0 Kråkfoss. Oransje prikker viser lab-målte data.

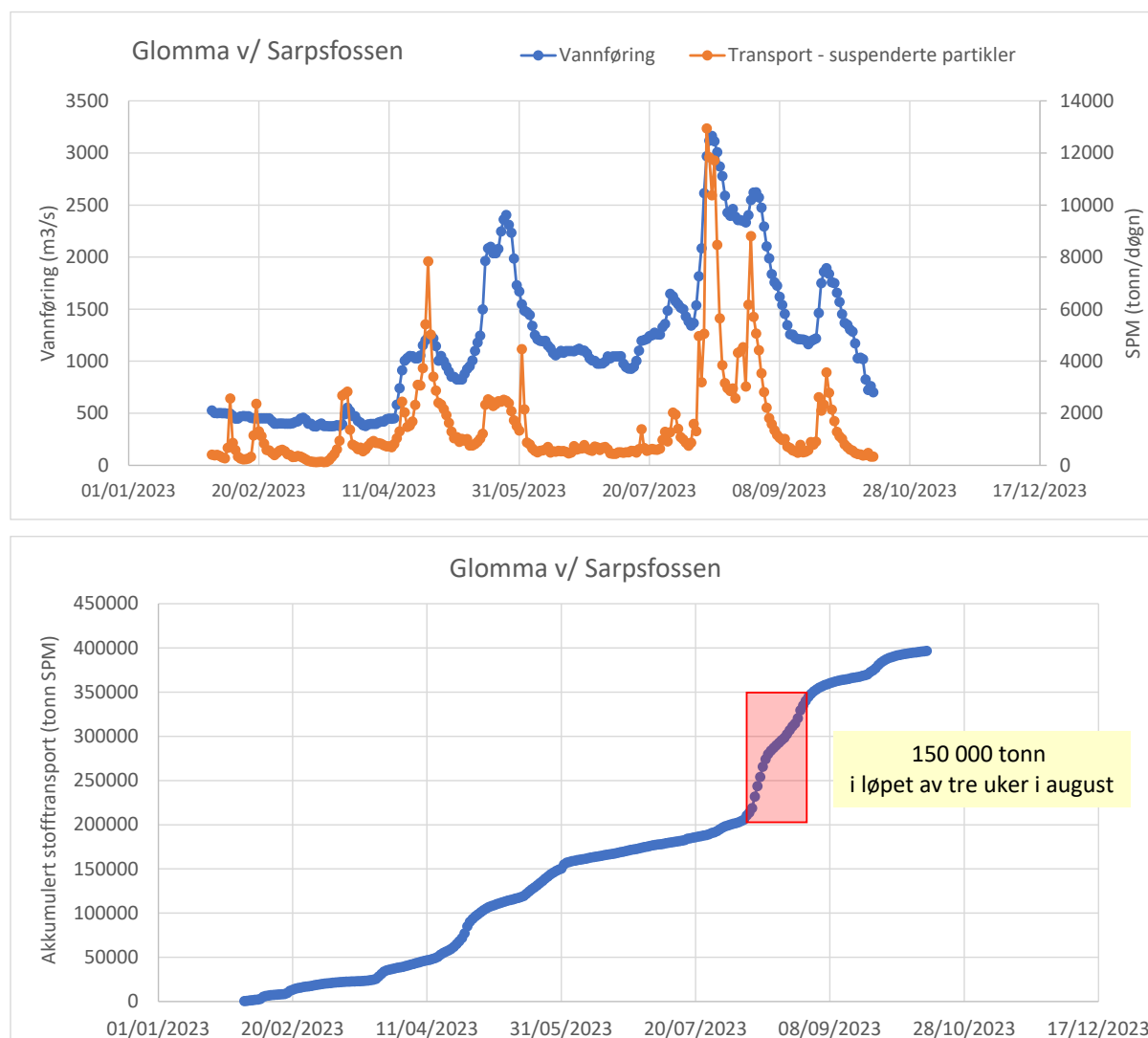


Figur 12. Sensordata fra Glomma ved Baterød i 2023. Konduktivitet (øverst), turbiditet (midten) and fluoriserende løst organisk materiale (FDOM) (nederst) plottet sammen med vannføring fra NVEs stasjon 2.605.0 Solbergfoss. Oransje prikker viser lab-målte data.

Estimert døgntransport av partikler i nedre Glomma

De kontinuerlige målingene av turbiditet ved sensorstasjonene i nedre Glomma, samt lange tidsserier for turbiditet og SPM i vannprøver fra samme sted gir en mulighet til å estimere transporten av suspenderte partikler i ulike faser av flommen som etterfulgte Hans. Slike estimater er nyttige for å få et mål på hvor mye partikler Glomma fører med seg ut i Oslofjorden i løpet av slike store flommer.

Basert på målte data fra perioden 2018-2022 var det en god empirisk sammenheng mellom turbiditet og SPM i Glomma ($R^2=0,72$), og en enda bedre sammenheng i Drammenselva ($R^2=0,96$). Basert på det empiriske forholdet mellom turbiditet og SPM er det estimert døgntransport av suspenderte partikler i nedre Glomma fra 1. februar 2023 (datoen da Baterød-stasjonen kom i drift) til 15. oktober 2023 (**Figur 12**). Beregningene viser at partikkeltransporten i nedre del av Glomma sannsynligvis var i overkant av 12000 tonn/døgn under den høyeste flomtoppen etter Hans. Det innebærer en partikkeltilførsel til Oslofjorden som tilsvarer ca. 1000 lastebil-lass per døgn. I løpet av tre uker i august dette året ble det anslagsvis transportert 150 000 tonn partikler ut med Glomma. Det tilsvarer over 40% av den totale partikkeltransporten med Glomma i hele 2023 (Kaste m.fl. 2024).



Figur 13. Estimert partikkeltransport i nedre Glomma på døgnbasis (øverst) og akkumulert gjennom året (nederst). Basert på sensor-målte turbiditetsdata fra Baterød og empirisk sammenheng mellom turbiditet og suspendert partikulært materiale (SPM) i vannprøver fra Glomma v/Sarpsfossen.

Del B: Resultater fra Indre og Ytre Oslofjord

1. Datagrunnlag

Ekstra prøvetakning i Oslofjorden i forbindelse med flommene på Østlandet sensommeren og høsten 2023 ble gjennomført i forbindelse med annen prøvetakning i følgende overvåkningsprogrammer: Havforsuringsprogrammet (finansiert av Miljødirektoratet), Overvåkningsprogrammet i Indre Oslofjord (finansiert av Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord) og Eutrofiovervåkningsprogrammet i Ytre Oslofjord (finansiert av Fagrådet for Ytre Oslofjord).

Ekstra prøver og analyser omtalt i dette kapitlet ble finansiert av henholdsvis Statsforvalteren i Oslo og Viken, Statsforvalteren i Vestfold og Telemark, Miljødirektoratet og Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord.

1.1 Ekstra prøver i Oslofjorden

Det ble samlet en del ekstra vannprøver i forbindelse med pågående overvåkning gjennom høsten 2023, hvilke stasjoner og programmer som var involvert er oppsummert i **Figur 13**. En kort sammenfatning av hvilke ekstra analyser som ble utført er oppsummert under.

I forbindelse med **Indre Oslofjord programmet** ble det samlet ekstra vannprøver på følgende datoer:

- 11.08. 2023: cDOM prøver fra overflatevannet ved ti stasjoner.
- 29.08.2023: cDOM prøver fra overflatevannet ved ti stasjoner, vannprøver til klorofyll-a, DOC og løste næringssalter på stasjon Im2 i Drøbaksundet, samt turbiditet, Tot-N og Tot-P på ti stasjoner.
- 11.09.2023: cDOM prøver fra overflatevannet ved ti stasjoner, vannprøver til klorofyll-a, DOC og løste næringssalter på stasjon Im2 i Drøbaksundet, samt turbiditet, Tot-N og Tot-P på ti stasjoner.
- 23.10.2023: cDOM prøver fra overflatevannet ved ti stasjoner.

I forbindelse med **Ytre Oslofjord programmet** ble det samlet ekstra vannprøver på følgende datoer:

- August-toktet ble gjennomført fra 14-16 august og på samtlige stasjoner ble det også samlet vann fra 0 m som ble analysert for klorofyll-a, turbiditet, DOC og cDOM. I tillegg ble cDOM analysert fra 2 m.
- September-toktet ble gjennomført fra 18-20 september og på samtlige stasjoner ble det også samlet vann fra 0 m som ble analysert for klorofyll-a, turbiditet og DOC.
- Prøvetakningen i Grenlandsområdet 19.10.2023 ble utvidet til å samle klorofyll-a og DOC prøver på fem stasjoner.
- Prøvetakningen i Hvalerområdet 31.10.2023 ble utvidet med to ekstra stasjoner (ID-2 og R-5) og det ble samlet ekstra vannprøver fra 0 meter som ble analysert for klorofyll-a, turbiditet, DOC og cDOM, samt at cDOM ble analysert fra 2 m.

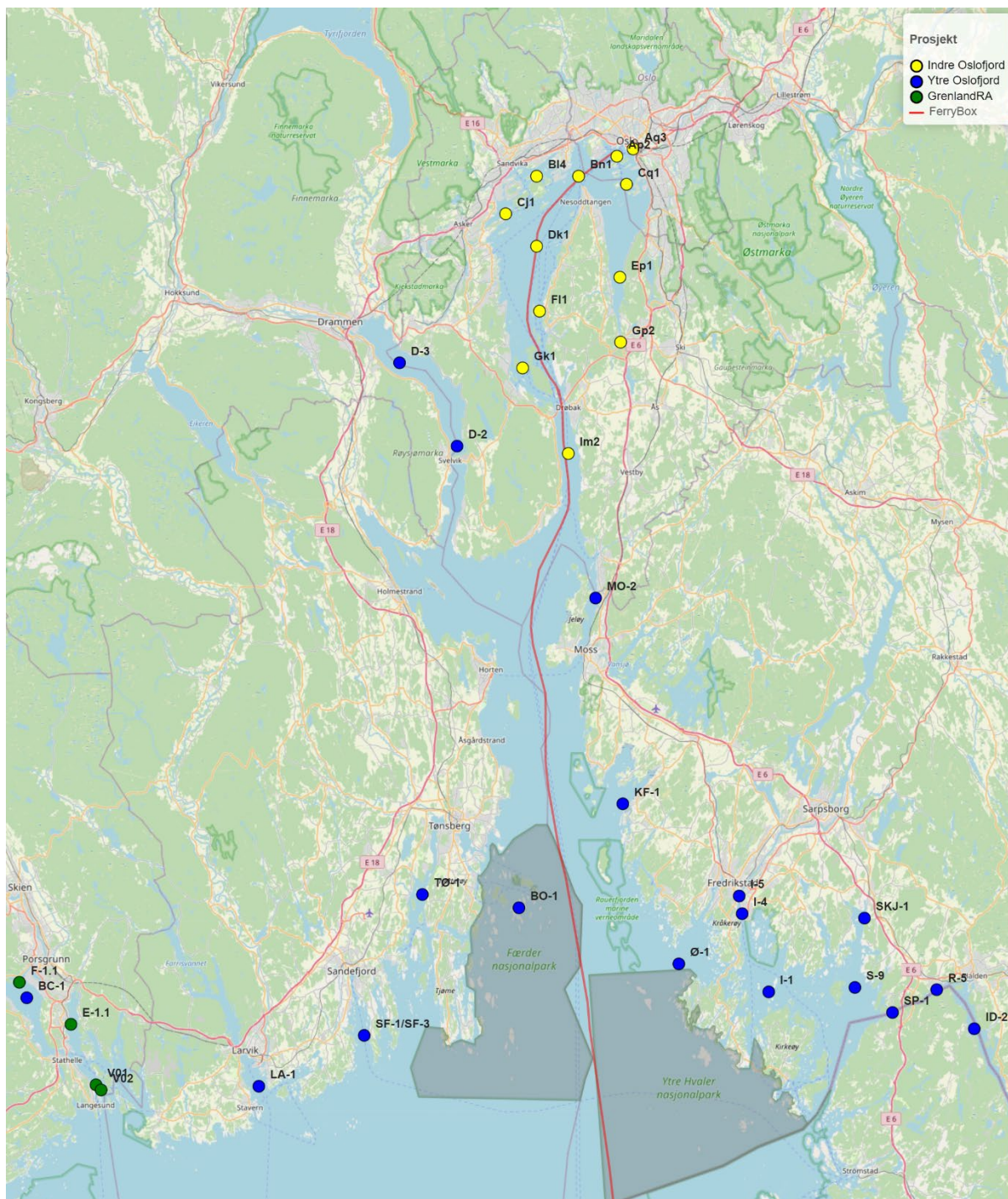
I forbindelse med **Havforsuringsprogrammet** ble det samlet inn ekstra vannprøver med FerryBox-systemet om bord på M/S Color Fantasy på følgende datoer:

- 13.08.2023: ekstra vannprøver til cDOM, klorofyll-a, DOC og næringssalter fra fire stasjoner.
- 17.08.2023: ekstra vannprøver til cDOM, klorofyll-a, DOC, TSM og næringssalter fra fem stasjoner.
- 23.08.2023: ekstra vannprøver til cDOM, klorofyll-a, DOC og næringssalter fra fem stasjoner.

- 29.08.2023: ekstra vannprøver til cDOM fra to stasjoner og klorofyll-a, DOC og næringssalter fra tre stasjoner.
- 20.09.2023: ekstra vannprøver til cDOM, klorofyll-a, DOC og næringssalter fra fem stasjoner.

I tillegg er det benyttet sensordata fra FerryBox-systemet om bord på M/S Color Fantasy og det er analysert satellittdata fra den relevante perioden.

Alle resultater er innrapportert til vannmiljø sammen med resterende data fra de respektive programmene.



Figur 14. Vannmassestasjoner der data er inkludert i flomanalysene. Det er inkludert stasjoner fra følgende overvåkingsprogrammer: Indre Oslofjord (gult), Ytre Oslofjord (blått), Tiltaksrettet overvåkning for Porsgrunn og Bamble kommune (grønt). I tillegg er FerryBox-transektet inkludert i rødt.

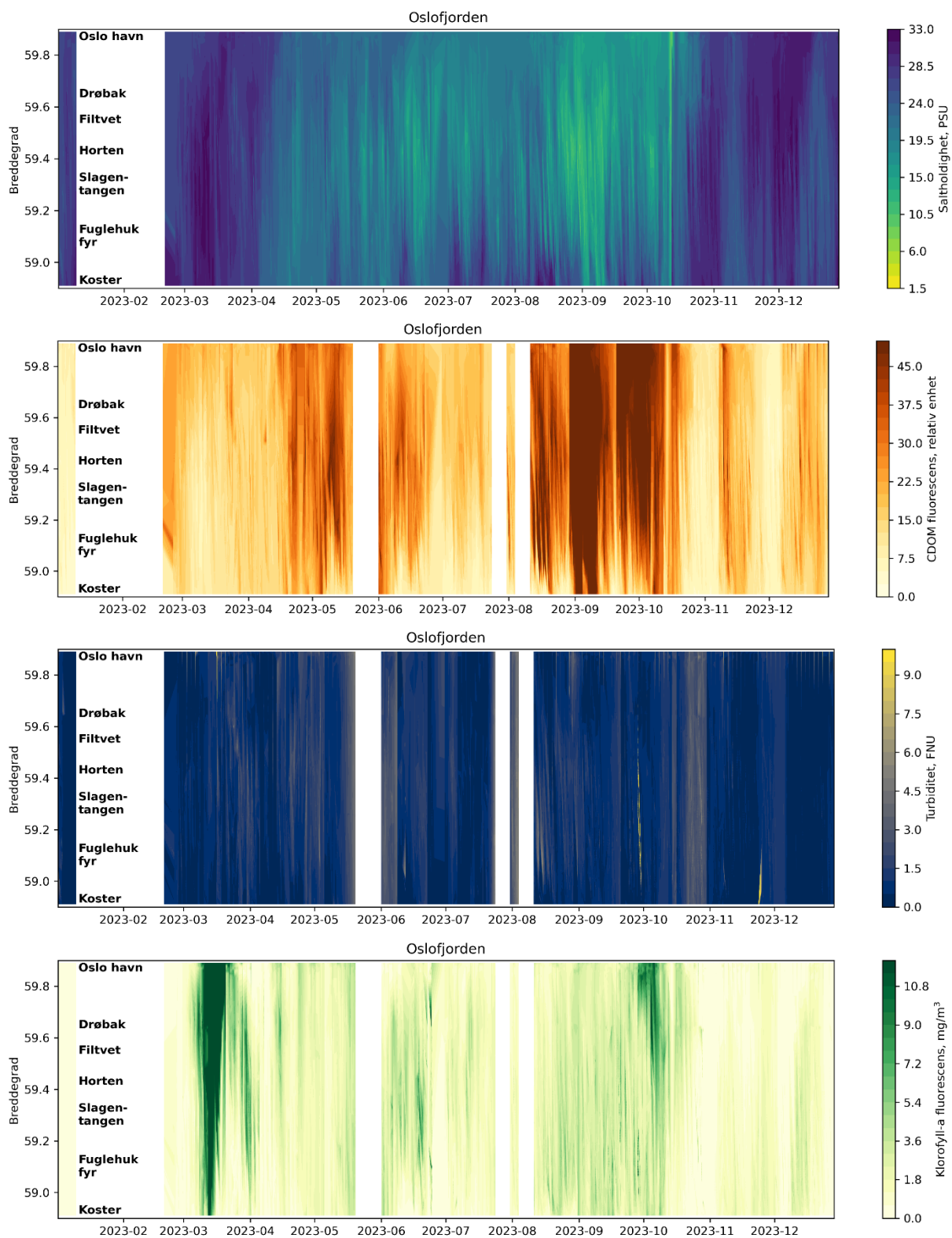
2 Resultater og diskusjon

2.1 FerryBox

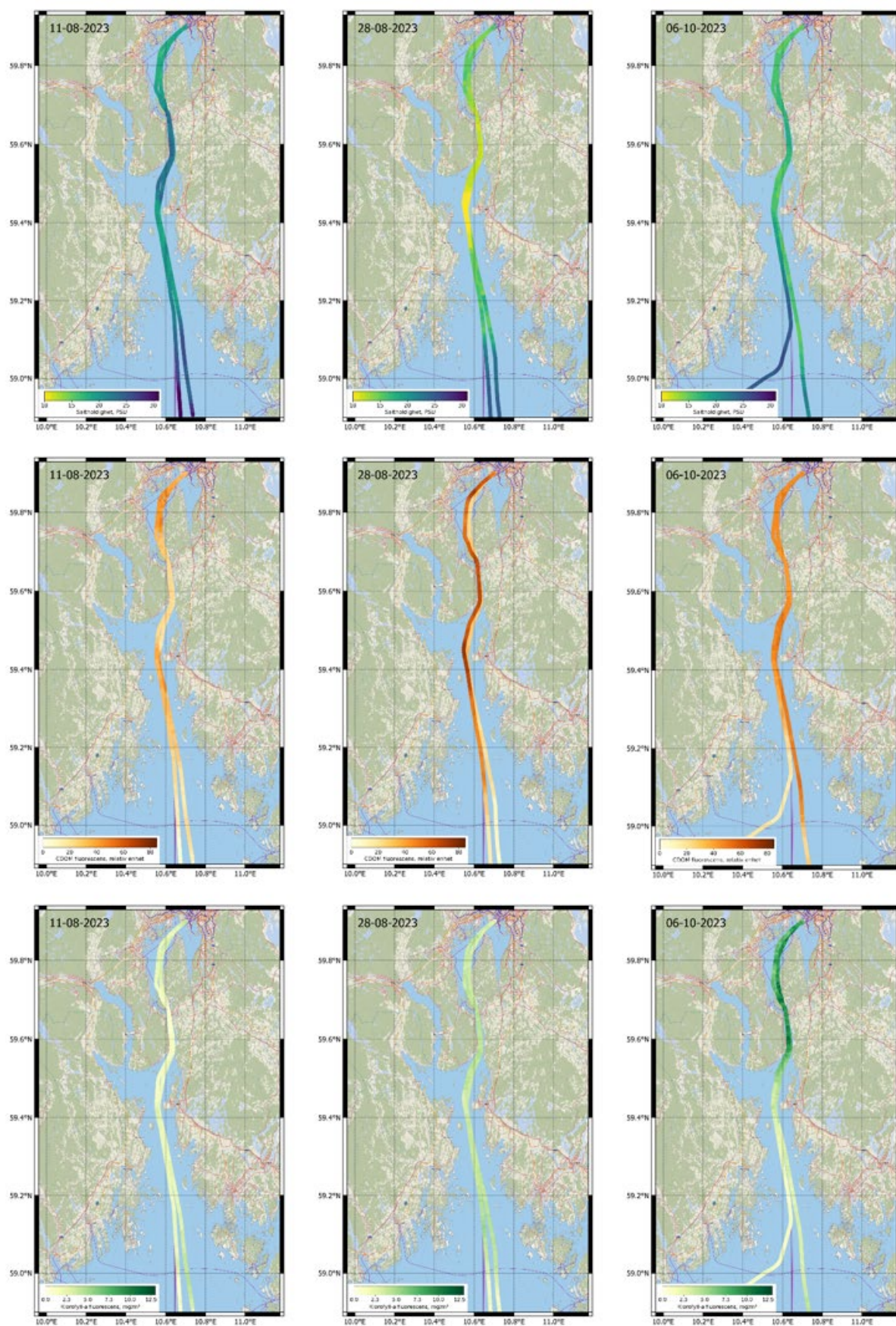
Det er inkludert data som salinitet, cDOM fluorescens, turbiditet og klorofyll-a-fluorescens, fra FerryBox-systemet om bord på M/S Color Fantasy (**Figur 15**). Dataene for hele 2023 vises, da dette gir sammenligningsgrunnlag for flomperioden. M/S Color Fantasy går i rute mellom Kiel og Oslo og er i Oslofjorden annenhver dag. Dette gir høyfrekvente data som er ideelle for å følge ekstremhendelser som flom, men det er verdt å merke at skipets rute går midtfjords, slik at påvirkninger fra flomvann skal være betydelige før de detekteres i disse målingene, da målingene ikke gjennomføres nærme elveutløpene. Vanninntaket er på ca. 4-5 meters dyp så ferskvannslag med økt innhold av partikler og oppløst organisk materiale må være relativt dypt for å bli detektert.

Data fra FerryBox-systemet viser at fjorden hadde lav salinitet og var mørk (altså høye verdier av cDOM). Oslofjorden er generelt et meget ferskvannspåvirket område og midtfjords ligger vanligvis saliniteten på rundt 25 PSU, selv om perioder med lavere saltholdighet er vanlig. Likevel var det lange perioder i løpet av 2023 der saltholdigheten var usedvanlig lav, helt nede i rundt 10 PSU, spesielt gjelder dette slutten av august, store deler av september og begynnelsen av oktober. Dette tyder på at det ikke var «Hans», men de to senere styrtregnperiodene som hadde størst påvirkning på Oslofjorden.

Det observeres en tydelig sammenheng mellom saltholdighet og mengden farget stoff i vannet (cDOM). Som vist i **Figur 16** starter det med lav saltholdighet den 11.08.2023 i Indre Oslofjord og ved Moss-Breiangen, som begge er områder med sterk elvetilførsel. Det er også i de samme områdene at cDOM fluorescens er høyest. På dette tidspunktet har ikke vann fra Glomma nådd midtfjords ennå. Derimot mot slutten av august er det generelt lav saltholdighet i hele fjorden, samtidig som det er målt høy cDOM fluorescens. Generelt kan man si at der det er lav saltholdighet er det høye cDOM fluorescens-verdier, dette fordi det fargede stoffet i stor grad er humus-stoffer (gulstoff) som fraktes ut med elvevann. Elvevannet inneholder også en betydelig mengde partikler, noe som ses på turbiditetsmålingene. Med flomvannet kommer også store mengder næringsstoffer som potensielt kan stimulere nye algeoppblomstringer i en periode da det vanligvis mangler næringsstoffer. Men for at planktonet skal kunne vokse trenger de også nok lys, noe som under ekstremvær og store flomhendelsene blir en begrensende faktor på grunn av de høye tilførselene av partikler og humus-stoffer som reduserer mengden og kvaliteten på lyset. Når ferskvannet etter hvert blandes ut i saltvannet, og cDOM og partikler blir fortynnet kan man se at klorofyll-a verdiene blir høyere og det resulterer i en betydelig algeoppblomstring i september og oktober (**Figur 15** og **Figur 16**).



Figur 15. Måledata for salinitet (øverst), etterfulgt av cDOM fluorescens, turbiditet og klorofyll-a-fluorescens (nederst) fra FerryBox-systemet om bord på M/S Color Fantasy, over tid (x) i 2023 fra Koster til Oslo Havn mellom 58,9-59,9 °N (y).

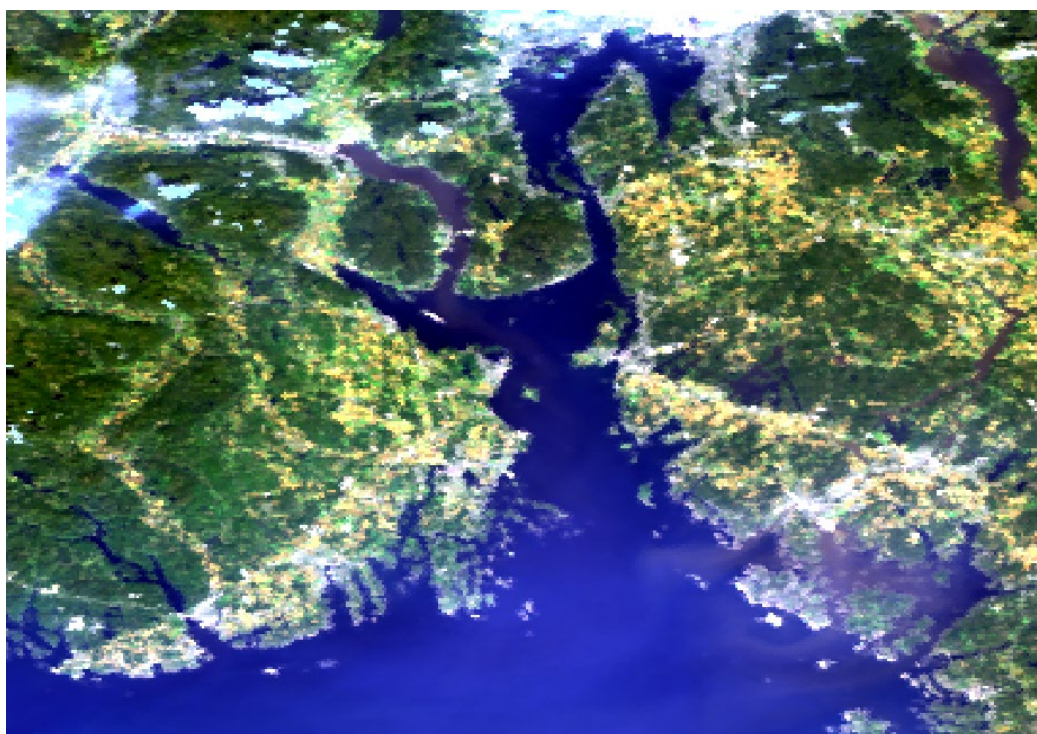


Figur 16. Utvikling av saltholdighet i PSU (øverst), cDOM fluorescens i mg/m^3 (midten) og klorofyll-a fluorescens i mg/m^3 (nederst) fra FerryBox den 11.08.2023, 28.08.2023, og 06.10.2023.

2.2 Satellitt

Det er inkludert satellittdata fra Copernicus satellitten Sentinel-3¹ der klorofyll-a, totalt suspendert materiale (TSM) og turbiditet er beregnet fra OLCI sensoren (Ocean and Land Colour Instrument). Det er viktig å påpeke at på dager med skydekke (som når det regner) vil satellittbildene kun vise skyer, altså har man kun satellittdata fra periodene mellom ekstremværhendelsene. På skyfrie dager kan man se den geografiske spredningen i fjorden over tid. Den geografiske spredningen av TSM i Oslofjorden høsten 2023, samt tidsserier for stasjonsdata med Sentinel-3 data sammen med *in situ* målinger viser endring over tid fra våren til oktober 2023. På samme måte som FerryBox data gir også satellittdata høyfrekvente data som kan brukes til å følge endringer, i tillegg til *in situ* målingene for å studere tilførsler fra land. Satellittdata gir derfor også et komplementerende bilde av hva som skjer geografisk på samme tidspunkt og over et større område under en periode med ekstremvær.

Et satellittbilde fra Copernicus satellitten Sentinel-3 over Oslofjorden den 2 september 2023 etter den andre kraftige nedbørsperioden viser stor ferskvannspåvirkning fra Drammenselva til Drammensfjorden og fra Glomma til Hvaler med tydelige partikkelskyer som strekker seg langt ut i Oslofjorden (**Figur 17**).

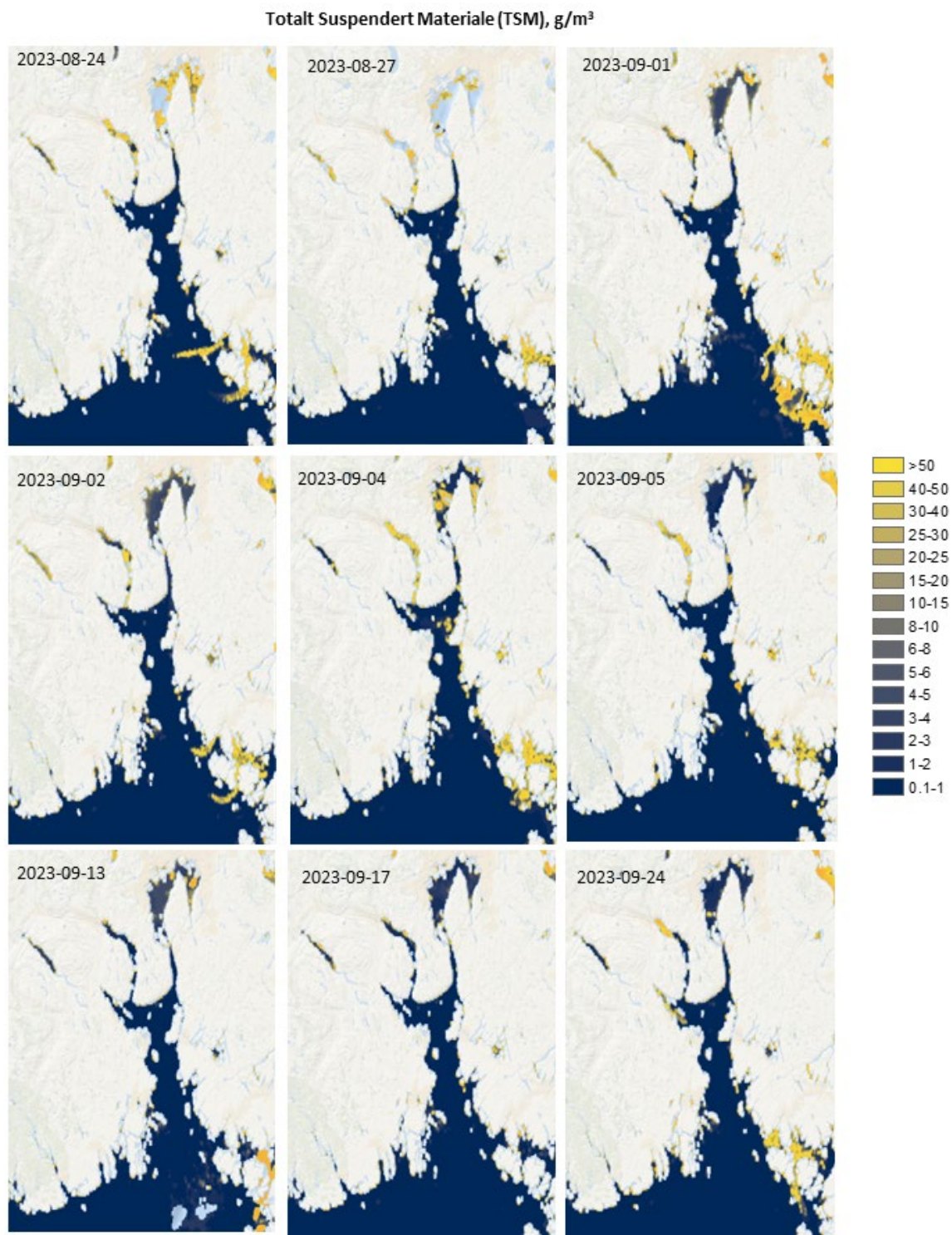


Figur 17. Satellittbilde fra Copernicus satellitten Sentinel-3 over Oslofjorden den 2 september 2023.

Tidsserie med satellittbilder over Oslofjorden fra slutten av august og september 2023 (**Figur 18**) viser elvepåvirkningen som relative konsentrasjonene av TSM. Tydelige elveskyer med ferskvann med høye TSM verdier fra Glomma som sprer seg ut i fjorden via Hvaler i ulike retninger etter mye regn syns den 24/8 og 2/9. Hvaler-området er betydelig ferskvannspåvirket med høy variabilitet under perioden med en større spredning av TSM over hele Hvaler-området mellom de kraftige regnskyllene med en mer stille periode, men lavere TSM konsentrasjoner i midten av september. Høye verdier i indre Oslofjorden syns i

¹ Prosessert med ONNS atmosfæres korreksjon og vannparameter modell for bildene av totalt suspendert materiale av HEREON i rammen for EU Horizon prosjektet AquaINFRA ([AquaINFRA Home](#)). Figurer med klorofyll-a og turbiditets-data er prosessert med C2RCC atmosfæres-korreksjon og vannparameter-modell av Brockmann GmbH i rammen for Miljødirektoratets pågående utviklingsprosjekt 'Vannovervåking med satellitt (ØKOSAT)'. Alle resultater er preliminære (resultatene er under evaluering) og absolutte verdi skal ikke brukes uten at det er fokus på den relative forandringen.

starten av august og i starten av september, mens Drammensfjorden har veldig høye TSM-verdier stort sett gjennom hele perioden som kommer fra Drammenselva, men det er tydeligst også der etter kraftig nedbør. Numedalslågen som renner ut i Larviksfjorden er mindre påvirket med lavere vannføring, men viser høyere TSM-verdier enn ute i den åpne delen av fjorden.



Figur 18. Tidsserie av bilder fra Sentinel-3 OLCI data med konsentrasjon av totalt suspendert materiale (TSM) (g/m³) i august og september 2023 (ONNS prosessert). Alle resultater er preliminnære (resultater under evaluering) og absolutte verdi bør ikke brukes, men bildene illustrerer den relative forandringen.

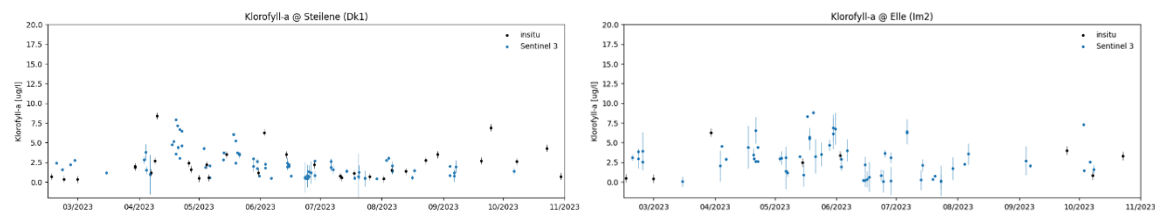
Satellittdata vises også i figurer sammen med *in situ*-data for utvalget overvåkningsstasjoner i ulike deler av Oslofjorden for turbiditet og noen stasjoner for klorofyll-a (**Figur 19**). Ofte sammenfaller satellittdata med *in situ*-målinger, men satellittdata kan også komplementere med data fra skyfrie dager i perioden og dermed gi hyppeligere data.

Indre Oslofjord

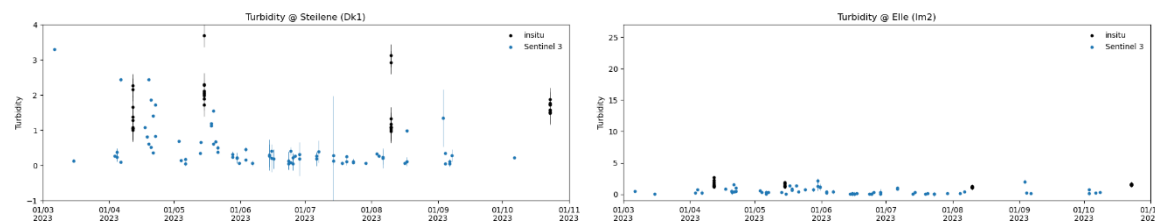
Klorofyll-a

Dk1 Steilene

Im2 Elle i Drøbaksundet



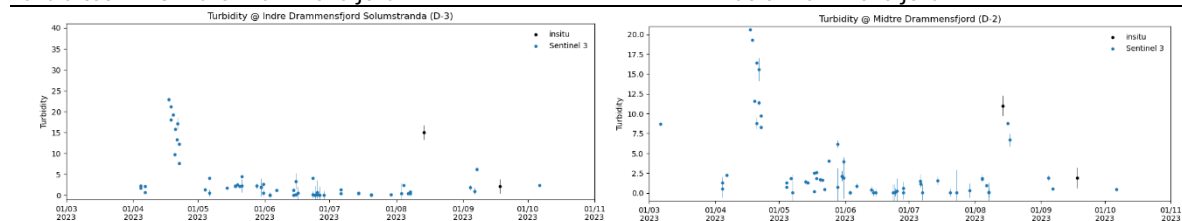
Turbiditet



Drammensfjorden

Turbiditet D-3 Indre Drammensfjord

D-2 Midtre Drammensfjord

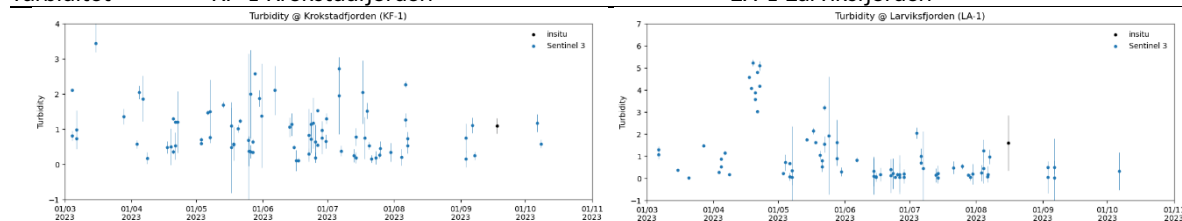


Ytre Oslofjord

Turbiditet

KF-1 Krokstadjorden

LA-1 Larviksfjorden

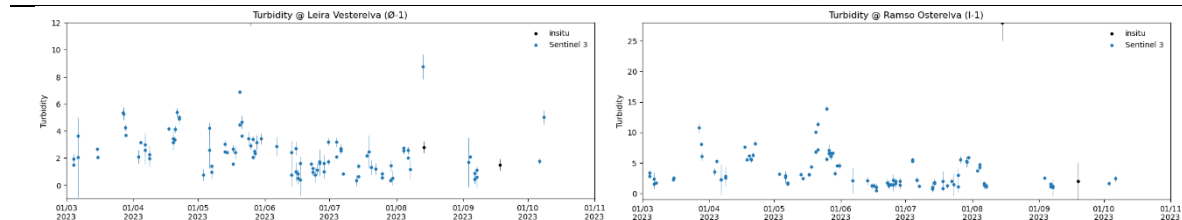


Hvaler

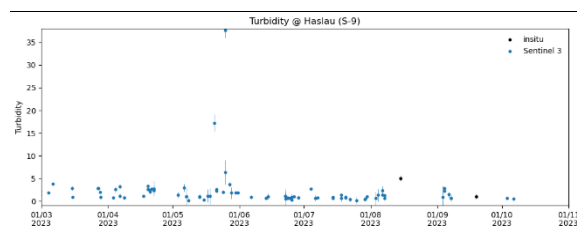
Turbiditet

Ø-1 Leira Vesterelva

I-1 Ramsø Østerelva

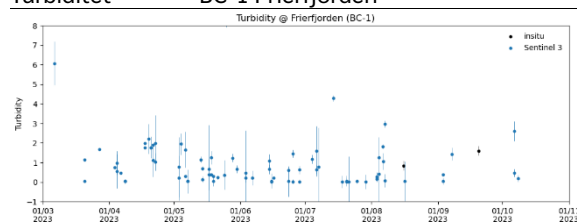


S-9 Haslau



Grenland

Turbiditet BC-1 Frierfjorden

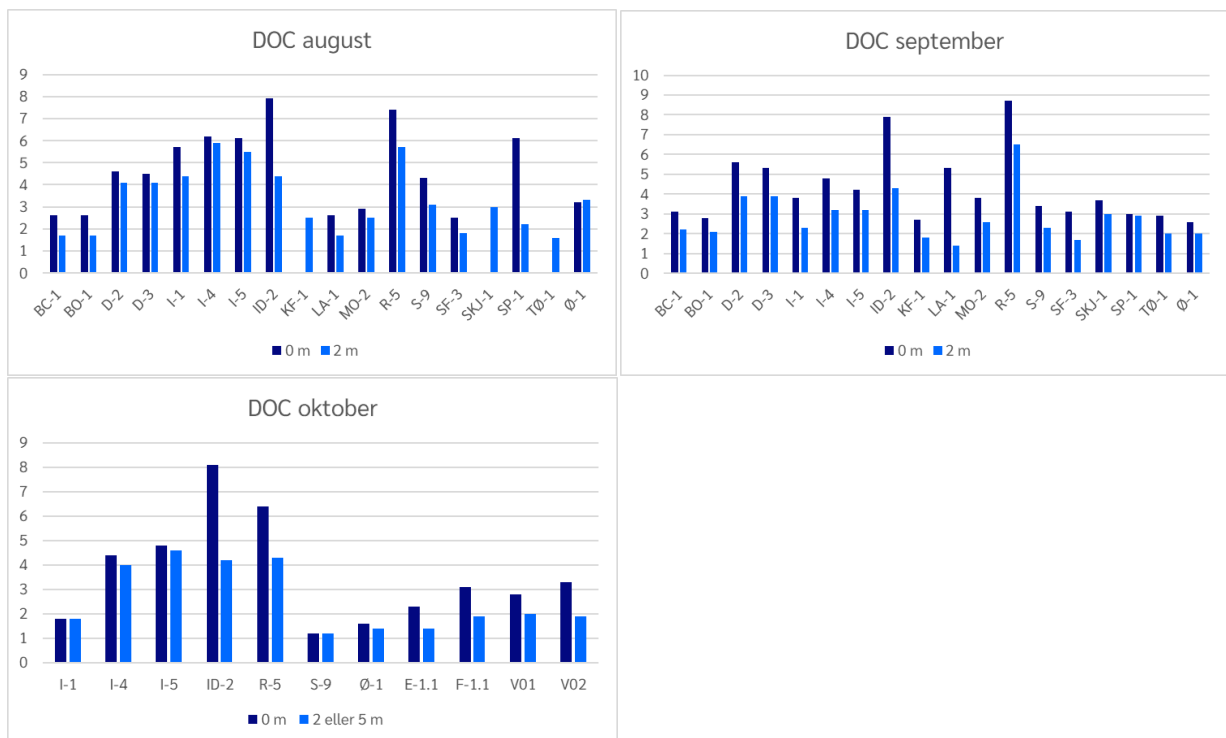


Figur 19. Tidsserier i 2023 med klorofyll-*a* konsentrasjon (mg/m^3) og turbiditet (FNU) fra in situ-målinger og satellittdata av middelverdien av 5-9 pixler fra omkring stasjonen, der Sentinel-3 data vises som blå punkter og in situ som sorte punkter. Satellittdata er Sentinel-3A & B (begge C2RCC prosessert). Usikkerheten til satellittdata er standardavviket for hver dag og for in situ-data med 20 % avvik. Merk at y-verdier er forskjellig for de ulike stasjonene. Alle satellitt-resultater er foreløpige (resultater under evaluering) og absolutte verdier skal ikke brukes uten at det er fokus på den relative forandringen.

2.3 Siktdyp og lysforhold

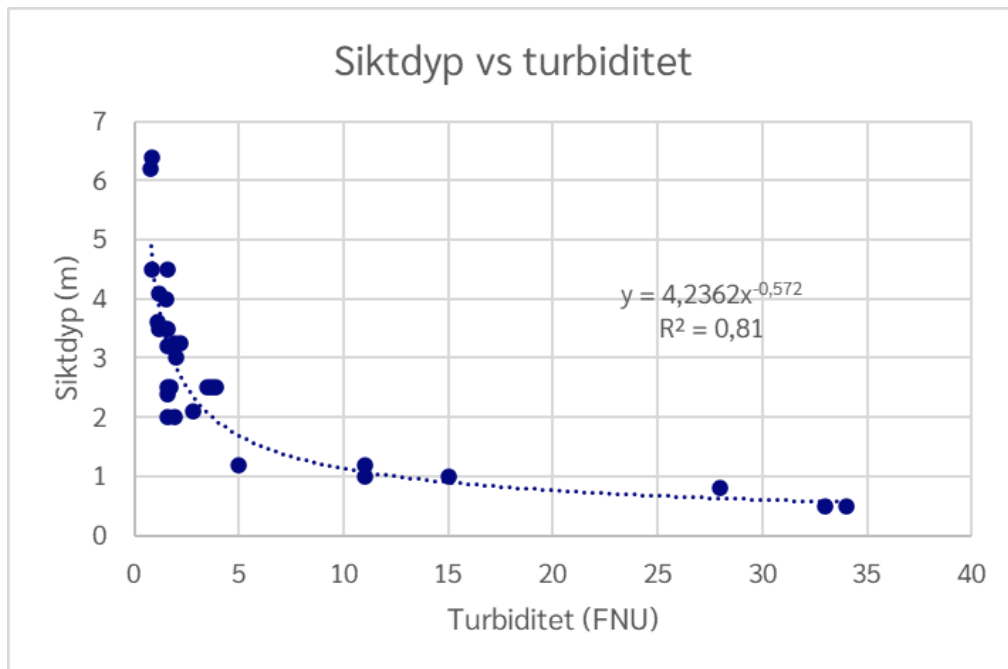
Det er generelt dårlige lysforhold i Oslofjorden, og det har vært kjent i mange år at fjorden blir mørkere. Dette er også ett kjent fenomen lenger ut i Skagerrak og i Nordsjøen (Frigstad m.fl. 2020). Der det er mye partikler i vannet vil det bli grumsete vann og tilsvarende dårlig siktdyp, noe som gir dårligere leveforhold for de fleste organismer som lever i vannmassene og på bunnen av fjorden. Dårlig siktdyp er tett knyttet til begrepet «kystformørkning» som er observert i både Skagerrak, Nordsjøen og Østersjøen i de siste tiårene senere år. Man antar at formørkningen er knyttet til økt tilførsel av blant annet løst organisk karbon (DOC). DOC bidrar til økt lyssvekking i vannsøylen og mindre lys trenger ned i dypet. I kombinasjon med turbiditet som også reduserer siktdypet og lysmengden til dypet, vil DOC og spesielt den fargede andelen (cDOM) av DOC endre kvaliteten på lyset. Spesielt vil cDOM absorbere den blå delen av lyset, noe som gjør at denne viktige delen av lysspekteret for planteplanktonets pigmenter for å opprettholde primærproduksjonen reduseres relativt sett mer enn total lysmengde. Dette er også med på å forklare at vannet blir mørkere ved at en større andel av det blå lyset blir borte og ikke reflekteres tilbake til overflaten som gir den normale blågrønne fargen for kystvannet. Vannets farge presses over mot rødt som observeres mørkere og brunere. Man anslår at den teoretiske nedre voksegrense for alger ligger ved ca. 1 % lysdyp som i Oslofjorden tilsvarer ca. 2 x siktdypet, men pga. denne kvalitetsendringen av lyset kan denne grensen faktisk ligge grunnere.

Det samles inn prøver for DOC i programmene i både Indre- og Ytre Oslofjord. I Ytre Oslofjord ble mengden DOC i overflatelaget (0 meter) og 2 meter sammenlignet (**Figur 11**). Her ser man at det er høyere konsentrasjoner av DOC i 0 meter laget gjennom høsten, spesielt der det er betydelig ferskvannspåvirkning.

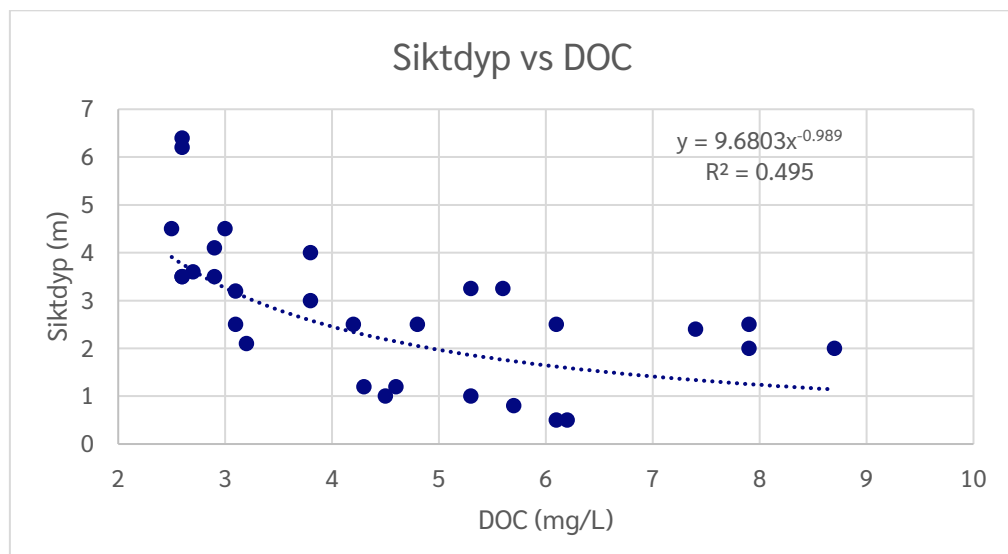


Figur 20. Sammenligning av DOC målinger fra 0 og 2 meter i Ytre Oslofjord fra august, september og oktober 2023. Oktober-prøvetakningen er fra Hvaler (Ø-1, I-1, I-4, I-5, R-5, S-9 og ID-2) og Grenland (E-1.1, F-1.1, V01 og V02). Grenlandsprøvene fra oktober er tatt på 0 og 5 meter.

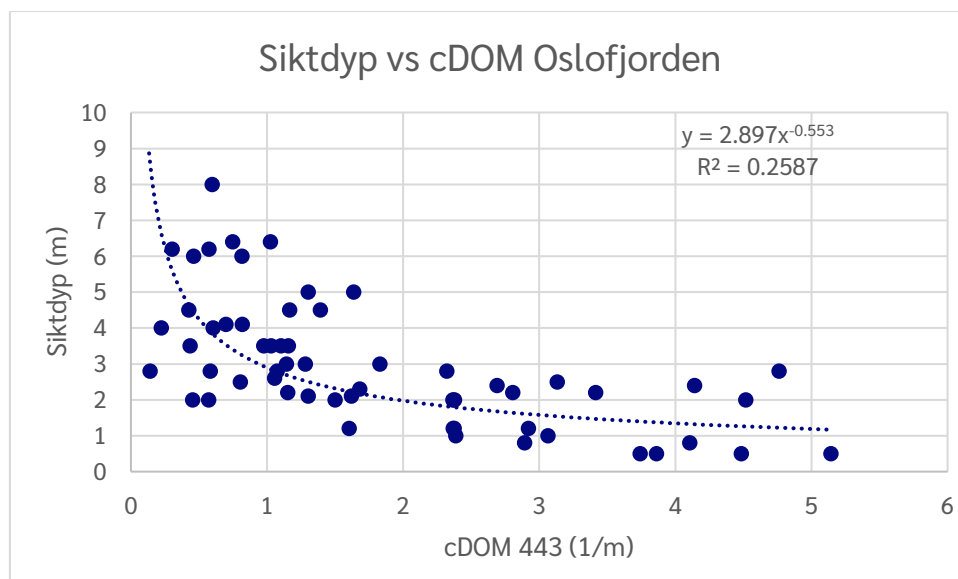
Ferskvannet bringer også med seg store mengder partikler som vil ha stor påvirkning på lysforholdene i fjorden. Turbiditet er et mål på partikkelbelastning og ved å plote siktdypet mot turbiditetsmålinger ser man at turbiditeten alene kan forklare opp mot 81 % av variansen i siktdyp (**Figur 21**). Mengden DOC (**Figur 22**) og cDOM (**Figur 23**) påvirker også lysforholdene i vannet, hvor 49% av variansen i siktdypet kan forklares av DOC og 25% av cDOM i dette datasettet. For DOC er det kun plottet et utvalg av data fra Ytre Oslofjord fra august og september. Derimot er det plottet cDOM fra hele fjorden ved både 0 og 2 m fra august og september, og kan derfor ikke sammenlignes direkte med de to andre figurene. Ut fra observasjonene om påvirkning på lysforholdene viser dette at det er turbiditeten som er dominerende for redusert siktdyp for dette datasettet og bekrefter det vi observerte i de statistiske analysene som ble utført i årsrapporten for Ytre Oslofjord 2023 (Engesmo m.fl. 2024).



Figur 21. Sammenhengen mellom siktdyp og turbiditet i overflatelaget (0 m) i ytre Oslofjord i august og september 2023.

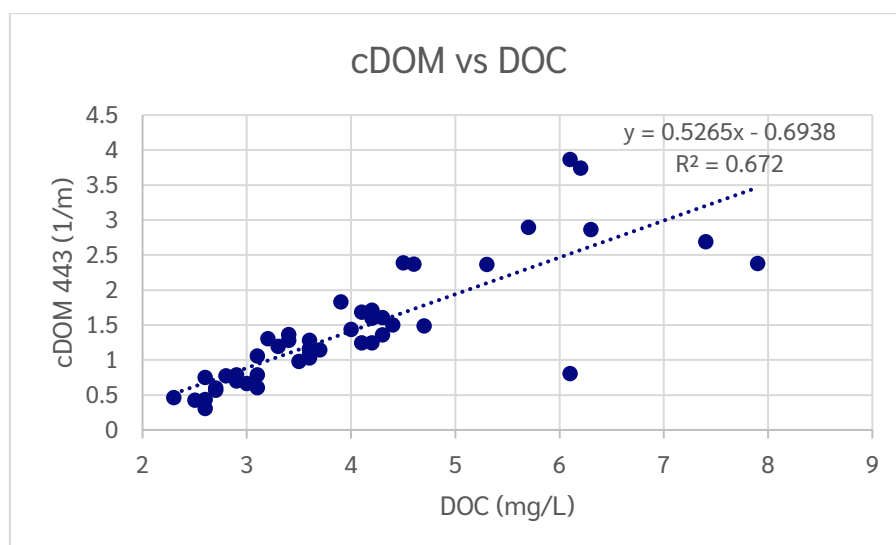


Figur 22. Sammenhengen mellom siktdyp og DOC i overflatelaget (0 m) i Ytre Oslofjord i august og september 2023.

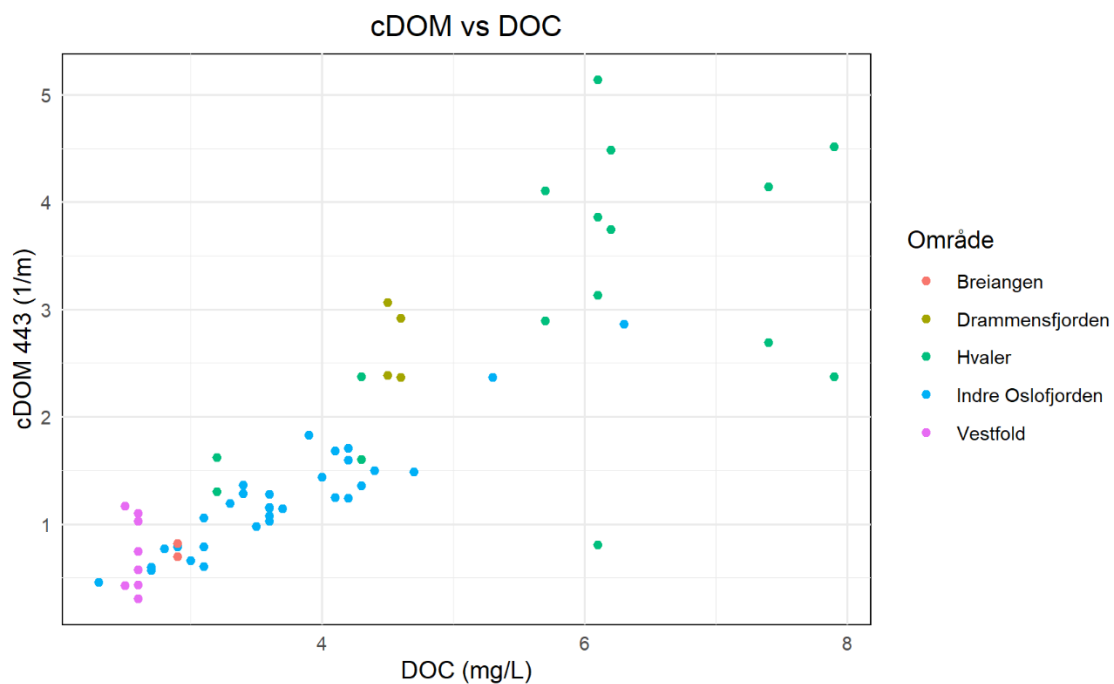


Figur 23. Sammenheng mellom siktdyp og cDOM fra 0 og 2m i hele Oslofjorden i august og september 2023.

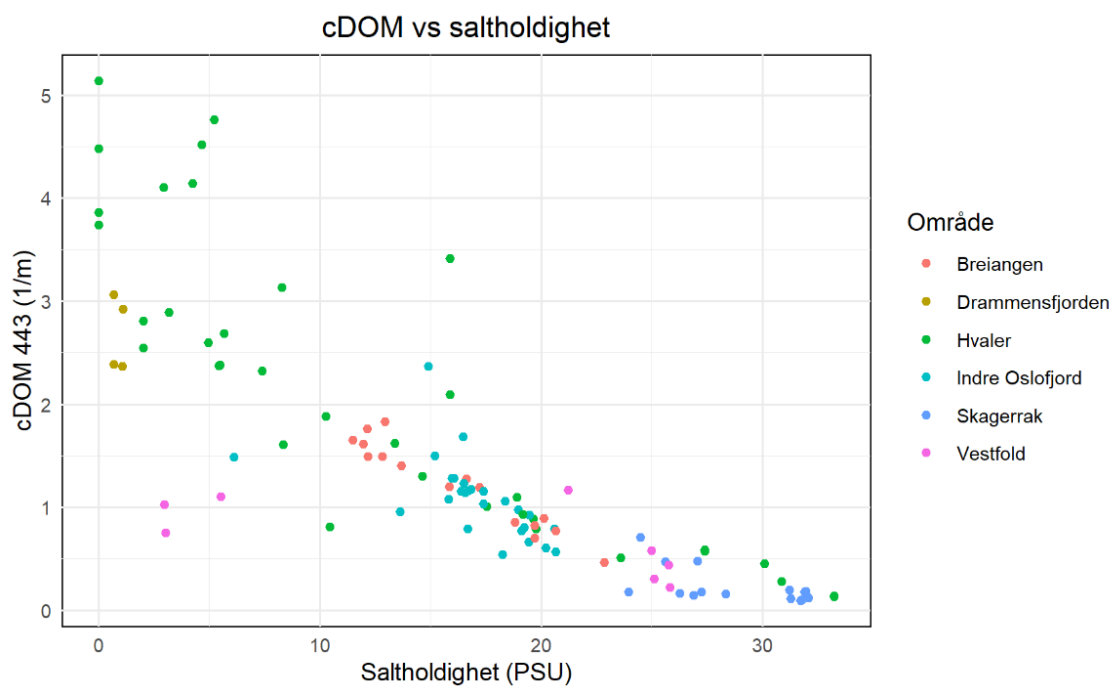
Som nevnt er cDOM den fargede delen av DOC, og absorberer sterkest i den blå delen av lysspekteret og gir fjorden sin mørke farge. Som vist i **Figur 24** er det positiv korrelasjon mellom DOC og cDOM i datasettet fra hele Oslofjorden. Legg merke til at DOC skalaene starte på 2 mg/l som betyr at det er en andel av DOC som ikke er farget. Unntaket hvor DOC er høy og cDOM er lav er ved Sponvika i august, hvor det ikke ennå er en sterk ferskvannstilførsel (se forklaring til **Figur 26**). Studier har også vist at cDOM:DOC forholdet er høyere i områder hvor cDOM har størst effekt på siktdypet (Harvey m.fl. 2015). I **Figur 25** vises sammenhengen mellom cDOM og DOC for ulike områder. Der vises det en tendens til at det høyeste cDOM:DOC forholdet er Hvaler-området. Igjen er unntaket Sponvika, i tillegg til Missingene, som i starten av flomperioden fortsatt hadde høy saltholdighet og var mindre påvirket av flomvannet. Det er også en tydelig sammenheng mellom cDOM og saltholdighet (**Figur 26**), hvor området med lavest saltholdighet er områdene med høyest cDOM. I dette tilfellet er det Hvaler-området som er sterkt påvirket av elvetilførsel fra Glomma.



Figur 24. Sammenhengen mellom cDOM og DOC fra 0-2m i hele Oslofjorden i august og september 2023.



Figur 25. Sammenhengen mellom cDOM og DOC ut fra ulike områder i Oslofjorden basert på data fra 0 og 2m i august og september 2023.

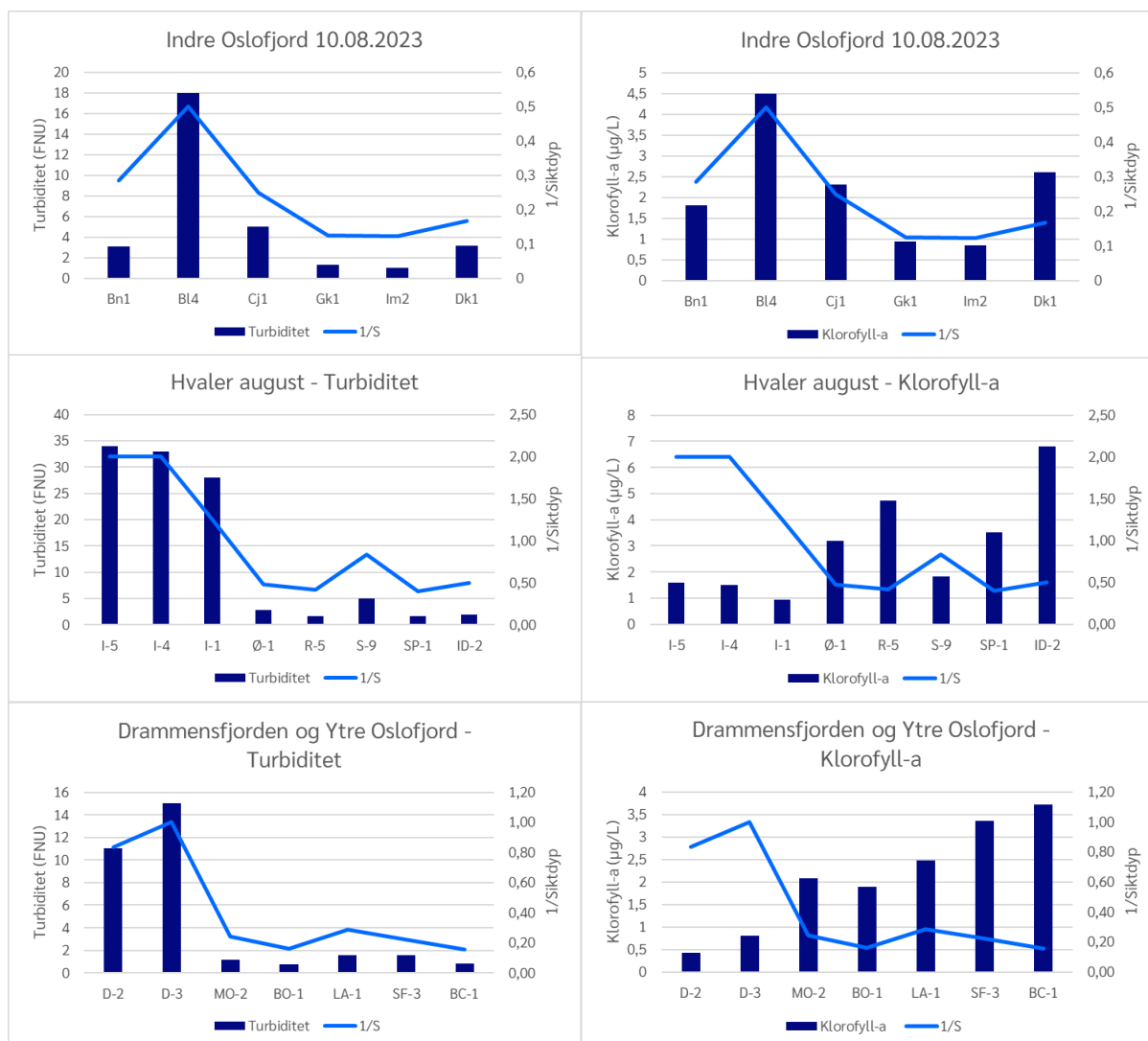


Figur 26. Sammenhengen mellom cDOM og saltholdighet ut fra ulike områder i Oslofjorden basert på data fra 0 og 2m i august og september 2023.

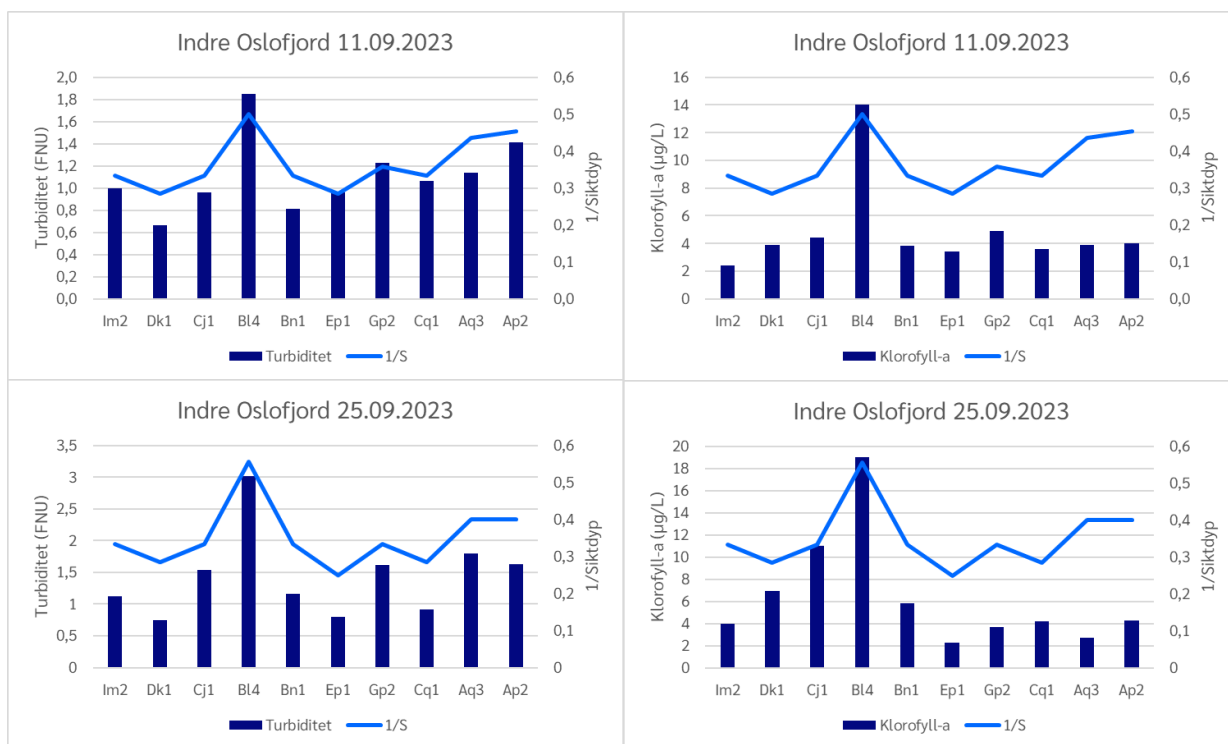
Under er inverst siktdyp (1/siktdyp), turbiditetsmålinger og klorofyll-a-konsentrasjoner plottet mot hverandre i forskjellige deler av fjorden (indre Oslofjord, Drammensfjorden og sentrale deler av ytre Oslofjord, samt Hvaler) for prøvetakningene i august (**Figur 27**) og september (**Figur 28** og **Figur 29**). Siktdypet er plottet inverst fordi det har et inverst forhold til turbiditet, altså vil det ved høy turbiditet være lavt siktdyp og grumsete vann, mens det ved lav turbiditet vil være høyt siktdyp og klart vann.

Normalt observeres det en negativ sammenheng mellom turbiditet og klorofyll-a-konsentrasjon: Ved høy turbiditet er vannet for mørkt til at planteplanktonet klarer å vokse, på tross av at ferskvannet også kommer med store mengder næringssalter. Dette var situasjonen i indre Oslofjord i august. I ytre Oslofjord var det mer varierende turbiditet, og det var høyere verdier av klorofyll-a der det var lav turbiditet. I september hadde turbiditetsverdiene gått betydelig ned i forhold til august, likevel var det siktdyp på bare 2-3 meter, med mørkt, brunt vann i hele indre Oslofjord (**Figur 30**). Samtidig var det høye klorofyll-a verdier i hele den indre delen av fjorden og det ble registrert en betydelig kiselalgeoppblomstring.

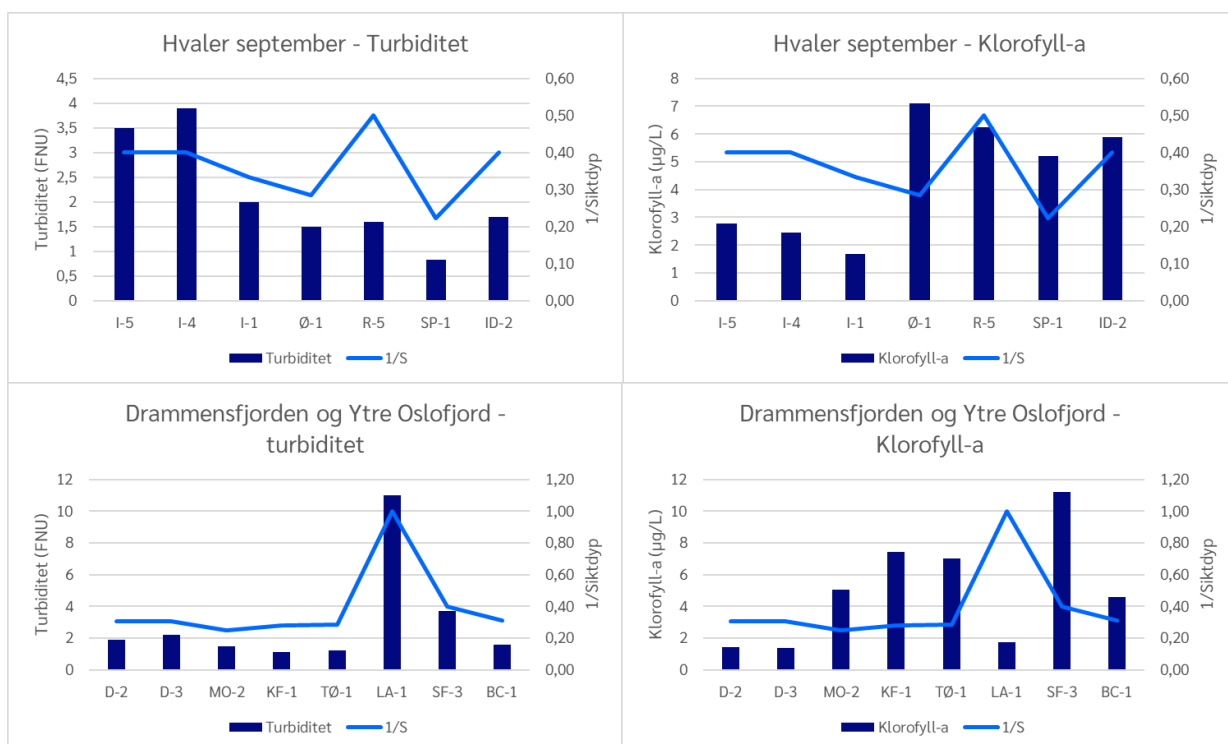
Bærumsbassenget (Bl4) skilte seg ut, ved at det ble målt høye verdier av både turbiditet og klorofyll-a i august og september (**Figur 27**). Bærumsbassenget er grunt basseng, avskilt fra Vestfjorden med flere trange sund og grunne terskler. Det er normalt sett meget dårlig oksygenforhold i bassenget og ikke uvanlig at det observeres kraftige planteplanktonoppblomstringer. Likevel er det spesielt at planteplanktonet klarer å blomstre samtidig som lysforholdene var så dårlige.



Figur 27. Inverse siktdyp (1/siktdyp) plottet mot turbiditet (FNU) til venstre og klorofyll-a (µg/L) til høyre i august 2023 for indre Oslofjord, Hvaler og Drammensfjorden og sentrale deler av ytre Oslofjord.



Figur 28. Inverse siktdyp (1/siktdyp) plottet mot turbiditet (FNU) til venstre og klorofyll-a (µg/L) til høyre for to prøvetakninger i september 2023 for indre Oslofjord.



Figur 29. Inverse siktdyp (1/siktdyp) plottet mot turbiditet (FNU) til venstre og klorofyll-a (µg/L) til høyre i september 2023 for Hvaler og Drammensfjorden og sentrale deler av ytre Oslofjord.



Figur 30. Brunt vann i Indre Oslofjord, like utenfor stasjonen i Bjørvika (Aq3) den 25 september 2023.

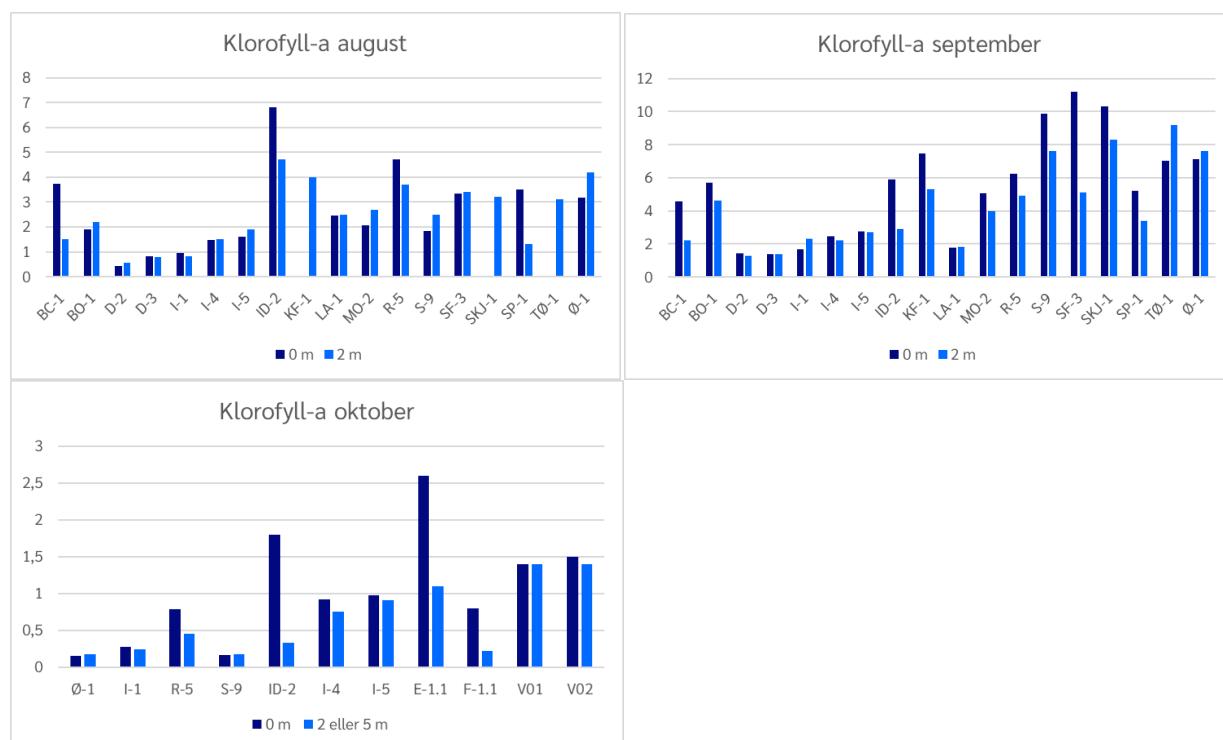
2.4 Plante- og dyreplankton

De store mengdene ferskvann som ble tilført Oslofjorden i forbindelse med «Hans» og de påfølgende styrtregn-periodene første til mørkt vann med dårlige lysforhold, lav salinitet og betydelige tilførsler av næringsstoffer. I løpet av september og oktober resulterte dette i betydelige planteplanktonoppblomstringer i hele Oslofjorden (**Figur 15**). Oppblomstringene startet i de ytre delene av Oslofjorden i september. Innen oktober var det også en kraftig oppblomstring i indre Oslofjord. Planteplanktonsamfunnet ved disse oppblomstringene er oppsummert i mer detalj i årsrapportene for overvåkningen i Indre Oslofjord (Valestrand m.fl. 2024) og ytre Oslofjord (Engesmo m.fl. 2024).

Det er stor forskjell i de fysiske egenskapene til ferskvann og saltvann, derfor er det et kjent fenomen at ferskvannet som kommer fra elvene legger seg over saltvannet som et eget lag. Ved flomhendelser forsterkes denne effekten på grunn av den store mengden ferskvann som raskt tilføres systemet. Det er derfor nærliggende å tro at det kan være veldig forskjellige samfunn av planteplankton i ferskvannslaget og det underliggende marine vannet. Det ble analysert klorofyll-a fra både 0 og 2 meter i Ytre Oslofjord (standardprøvene i programmet tas på 2 m) og sammenligning av disse målingene er vist i **Figur 31**. Det er inkludert noen ekstra analyser fra Grenlandsområdet i oktober, her er 0 meter sammenlignet med 5 meter, ettersom prøvene i dette programmet samles på 5 m dyp (Staalstrøm og Berezina 2024). Fra Indre Oslofjordprogrammet er det ikke mulig å gjennomføre slike sammenligninger, da standardprøvene i dette programmet er en integrert prøve mellom 0 og 2 meter.

Klorofyll-målinger viser at det på flere stasjoner var en del høyere klorofyll-målinger i 0 meter i forhold til målingene gjort ved 2 m dyp. Særlig gjelder dette stasjoner som typisk sett er sterkt ferskvannspåvirket, som Frierfjorden (BC-1) og to av de andre Grenland-stasjonene (E-1.1 og F-1.1) samt i store deler av Hvaler. Drammensfjorden er det mest ferskvannspåvirkede området i Oslofjorden, men effekten ses ikke her.

Sandefjordsfjorden er en av de minst ferskvannspåvirkede områdene i Ytre Oslofjord, og i august var det liten forskjell mellom 0 og 2 meter på stasjonen i Sandefjordsfjorden, men i september var det betydelig forskjell mellom de to prøvene og det ble målt hele 11,2 µg/L klorofyll-a i overflatelaget.



Figur 31. Sammenligning av klorofyll-a målinger (µg/L) fra 0 og 2 meter i Ytre Oslofjord fra august, september og oktober 2023. Oktober-prøvetakningen er fra Hvaler (Ø-1, I-1, I-4, I-5, R-5, S-9 og ID-2) og Grenland (E-1.1, F-1.1, V01 og V02). Grenlandsprøvene fra oktober er tatt på 0 og 5 meter.

Det ble observert veldig mye ferskvannrelaterte arter i de biologiske analysene i både august og september, og utvalgte bilder av disse vises i **Figur 32**. Planteplanktonsamfunnet var veldig påvirket av ferskvannsarter i august og september, særlig gjaldt dette stasjonen i Mossesundet og Hvaler. Det ble registrert mindre ferskvannsarter på vestsiden enn på østsiden av fjorden.

Overvåkningsprogrammet i Indre Oslofjord har inkludert dyreplankton i sin overvåkning fra 2023. I august utgjorde ferskvannsvannlopper i familien *Daphniidae* 5 % av det totale dyreplanktonsamfunnet i denne prøven. Det er ikke vanlig å finne denne familien i saltvann, så det er nærliggende å tro at disse er transportert hit med ferskvannet fra «Hans».



Figur 32. Ferskvannssarter av dyreplankton (A) og planteplankton (B-D) fra de biologiske analysene. A: Ferskvannssloppen Daphniidae fra stasjon Dk1 Steilene utenfor Nesodden i august. Foto: Kristine Hopland Sperre/Akvaplan-niva, B: kiselalgen *Asterionella formosa* fra Drammensfjorden i september, C: Grønnalgen *Parapediastrium biradiatum* fra Mossesundet i august, D: Grønnalge av slekten *Staurostrum* fra Mossesundet i august. Foto: Sonja Kistenich/NIVA.

Referanser

- Engesmo A, Gran S, Borgersen G, Beylich B, Kaste K, Saesin P, Valestrand L, Harvey T, Sørensen K. 2024. Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023 - Årsrapport 2023. NIVA-rapport 7998-2024, 75 s.
- Frigstad H, Kaste O, Deininger A, Kvalsund K, Christensen G, Bellerby R.G.J, Sørensen K, Norli M, King A L. 2020. «Influence of Riverine Input on Norwegian Coastal Systems». *Frontiers in Marine Science*, 7, 332. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00332>
- Faafeng B, Berge JA, Bjerkeng B, Helland A, Holtan H, Holtan G, Kjellberg G, Källquist TS, Moy F, Skulberg OM, Sørensen K, Walday M. 1996. «Flommen på Østlandet våren 1995. Sammenstilling av NIVAs undersøkelser med spesiell vekt på måleprogrammet i Glomma og Vorma». NIVA-rapport 3840, 80 sider.
- Gangstø R, Grinde L, Heiberg H, Mamen J, Tajet HTT, Tunheim K, Aaboe S. 2023. «Været i Norge. Klimatisk månedsoversikt. Året 2023». *MET info*, no. 13-2023, 27 sider.
- Harvey T, Kratzer S, Andersson A. 2015. «Relationships between colored dissolved organic matter and dissolved organic carbon in different coastal gradients of the Baltic Sea». *Ambio*, 44, 392-401.
- Kaste Ø, Gundersen CB, Sample J, McGovern M, Skancke LB, Allan I, Jenssen MTS, Bæk K, Skogan OA. 2023. The Norwegian river monitoring programme 2022 – water quality status and trends. Norwegian Environment Agency, report M-2611/2023, NIVA report 7903, 61 pp.
- Kaste Ø, Gundersen CB, Sample J, McGovern M, Skancke LB, Allan I, Jenssen MTS, Bæk K, Skogan OA. (2024). The Norwegian river monitoring programme 2023 – water quality status and trends. Norwegian Environment Agency, report in prep.
- Staalstrøm A & Berezina A. 2024. «Overvåkning for Porsgrunn og Bamble kommune i 2023». NIVA-rapport 7967-2024, 28 sider.
- Valestrand L, Staalstrøm A, Saesin P, Jørgensen S, Sperre KH, Engesmo A, Harvey T, Sørensen K, Kistenich S, Gundersen H. 2024. «Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord, Årsrapport 2023». NIVA-rapport 7990-2024. 94 sider.